

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
Одеський національний політехнічний університет
Інститут надтвердих матеріалів НАН України
Харківський машинобудівний завод «ФЕД»
ТОВ Холдингова компанія «Мікрон»
ВАТ «Турбоатом»
Афінський національний технічний університет
Відділення механіки та машинобудування АН вищої школи України
Грузинський технічний університет
Запорізький національний технічний університет
Інженерна академія України
Краківська політехніка
Кримський інженерно-педагогічний університет
Магдебурзький університет
Мішкольцький університет
Московський державний технологічний університет СТАНКІН
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
Познанська політехніка
Сумський державний університет
Українська інженерно-педагогічна академія
Українсько-американське ТОВ Фірма «КОДА»
Штутгартський університет

*Присвячується 130 – річчю
Національного технічного університету
"Харківський політехнічний інститут"*

ВИСОКІ ТЕХНОЛОГІЇ: ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ HIGH TECHNOLOGIES: TENDENCIES OF DEVELOPMENT

*Матеріали
XXIII міжнародний науково-технічний семінар
7-12 вересня 2015*

*Matters
XXIII International Technical Science Seminar
7-12 September 2015*

Харків – НТУ "ХПІ" – ОНПУ – Одеса
2015

ББК 34.5
В53
УДК 621

В53 Високі технології: тенденції розвитку. Матеріали XXIII міжнародного науково-технічного семінару, 7-12 вересня 2015 р., м. Одеса [Електронний ресурс]. – Х.: Вид-во «Курсор», НТУ «ХП», 2015. – 183 с. – Українською, англійською, німецькою, російською мовами авторських оригіналів.

ISBN 978-966-8944-78-9

Коротко представлені статті, опубліковані в збірниках наукових праць НТУ «ХП» та ОНПУ за матеріалами, поданими до програмного комітету двадцять третього семінару з високих технологій в машинобудуванні, заснованого НТУ «ХП» в 1991 році.

Розглядаються нові аспекти конструювання поверхонь та технології їх отримання, розширення технологічних можливостей верстатного обладнання, надійність і точність інструментальної оснастки, методи удосконалення комп'ютерних вимірювальних систем, особливості технологічного маркетингу і менеджменту якості, питання кадрового забезпечення високих технологій.

Об'єднаний авторський колектив матеріалів двадцять третього семінару загальною чисельністю понад 200 учасників, серед яких 58 докторів і 79 кандидатів наук, представляє дослідження, виконані в Англії, Грузії, Індії, Нігерії, Німеччині, Росії, Словаччині, Узбекистані, Україні.

Роботи (всього 118) представлені за авторськими оригіналами на обраній в них основною однієї з офіційних мов семінару: українською (28), англійською (1), німецькою (1), російською (88). Скорочене представлення завершує вказівка збірнику наукових праць повного опублікування. Зміст добірки подається найбільш поширеною мовою об'єднаних нею матеріалів.

Для фахівців в області машинобудування, науково-технічних працівників і студентів.

Робочий програмний комітет: Грабченко А.І., д.т.н. (голова), Тонконогий В.М., д.т.н. (заст. голови), Федорович В.О., д.т.н. (заст. голови), Гуцаленко Ю.Г. (вчений секретар), Внуков Ю.М., д.т.н., Доброскок В.Л., д.т.н., Долматов А.І., д.т.н., Дюбнер Л.Г., д.т.н., Залога В.О., д.т.н., Клименко С.А., д.т.н., Костюк Г.І., д.т.н., Кундрак Я., д.т.н., Мовшович О.Я., д.т.н., Молітор М., д.т.н., Піжов І.М., д.т.н., Равська Н.С., д.т.н., Струтинський В.Б., д.т.н., Тарасюк А.П., д.т.н., Тимофєєв Ю.В., д.т.н., Фадєєв В.А., д.т.н., Якубов Ф.Я., д.т.н.

ББК 34.5

ISBN 978-966-8944-78-9

© Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
автори, 2015

ФЕНОМЕН І СТАТИСТИКА СЕМІНАРУ ІНТЕРПАРТНЕР У ЧВЕРТЬВІКОВІЙ ІСТОРІЧНІЙ РЕТРОСПЕКТИВІ ХАРКІВСЬКОГО ПОЛІТЕХНІЧНОГО ІНСТИТУТУ



В Центрі високих технологій НТУ «ХПІ» (2005). У першому ряду зліва направо: А.Б. Аваков, Л.Л. Товжнянський, А.І. Грабченко. У другому ряду перший зліва – С.І. Сокол. З архіву кафедри інтегрованих технологій машинобудування ім. М.Ф. Семка.

створення в її осередку відповідних технологічних наукових шкіл. Однією з таких стала школа фізики різання.

Її початок і основний розвиток в періоди до першої, а потім до другої світових війн пов'язаний з іменами Костянтина Олексійовича Зворикіна і Володимира Сергійовича Кнаббе, а потім і Наума Йосиповича Резникова. У 1935-1941 рр. на очолюваній їм кафедрі складається колектив, здатний вирішувати серйозні наукові задачі, зокрема з розробки загальносоюзних нормативів режимів різання. Одному з учасників та доповідачів цієї розробки Комісії з різання тодішнього Міністерства (наркомату) важкої промисловості, а саме М.Ф. Семку, студенту і аспіранту Н.Й. Резникова, сталося прийняти від свого вчителя в науці та достойно пронести через все життя естафету керівництва кафедрою, за суттю відтворивши її післявоєнними роками і піднявши спільно з науковою школою фізики різання до вирішення нових завдань державного масштабу та світового науково-технічного рівня. Зокрема розробки і доведення до освоєння промисловістю технологічного методу та технічного обладнання алмазно-іскрового шліфування, втіленого верстатобудівними підприємствами на теренах нині європейського союзу (Литва), а також України, Білорусі, Вірменії, Росії у гамі спеціальних металорізальних верстатів.

Очолюючи всі післявоєнні роки до 1979-го наукову школу фізики різання, Михайло Федорович Семко виявив себе неабиякою особистістю – талановитою, творчою, енергійною, що володіла даром наукового передбачення, що тонко відчувала і розуміла людей. Дбайливе і поважне відношення до досвіду і ролі свого вчителя в науці М.Ф. Семко зберігав усе життя і зумів передати це почуття своїм численним учням, серед яких і його наступник, нинішній керівник кафедри і наукової школи А.І. Грабченко.

Ініційований А.І. Грабченком у 1991 році перший семінар Інтерпартнер тематично об'єднала подана йому назва «Проблеми різання матеріалів в сучасних технологічних процесах». Сильний за складом учасників, перший семінар гідно

В первісному найменуванні НТУ «ХПІ», відкритому у 1885 році як Харківський практичний технологічний інститут, не випадково підкреслювався практичний технологічний профіль майбутніх інженерів.

Це відкриття було викликано бурхливим розвитком гірничорудної, металургійної і машинобудівної промисловості на європейському півдні російської імперії та назрілою у зв'язку з цим необхідністю започаткування тут інженерної освіти, становлення якої у таких умовах потребувало енергійного

заявив про себе широкою науковою громадськістю опублікованими матеріалами доповідей. Серед тих, що особливо запам'ятались очевидцям, прозвучав на семінарі і представлений професором Північно-Західного заочного політехнічного інституту тодішнього Ленінграда Володимиром Іллічем Островським з тематичним заголовком «Високі технології машинобудування». Як би там не було, а з наступного і до нинішнього семінару високі технології є його незмінним тематичним брендом.

Літочислення міжнародного науково-технічного семінару Інтерпартнер по високих технологіях у машинобудуванні охоплює щорічні програмні зустрічі його учасників крім двох перерв. У 2004 році в тоді традиційному для них Криму відбувались карантинні заходи у зв'язку з холерною загрозою, а у 2009 році ні заява на проведення семінару до міністерства не надавалась (але є досвід, коли він організовувався і відбувався без неї), ні його програма не формувалась, а домашній організаційний та візний активи семінару увібрив як свою ординарну секцію інший кримській науковий форум під головною егідою Інституту проблем машинобудування НАН України, при дружній підтримці колективу науковців якого базова кафедра семінару Інтерпартнер розпочала того року виконання першого у своїй новітній (пострадянській) історії державного замовлення...

Об'єднана програма всіх семінарів Інтерпартнер, включаючи нинішній двадцять третій, представляє 3486 доповідей. У їх числі 1124 доповіді зарубіжних дослідників з 38 країн світу та всіх частин світу, виключаючи Антарктиду.

Стопка спеціалізованих видань семінару за роки його проведення включає 2746 наукових статей у 59 томах обсягом понад 16 тис. сторінок і досягла висоти дорослої людини.

Програма нинішнього семінару ввібрала 118 доповідей, 223 учасника яких представляють британський Ліверпуль, грузинський Тбілісі, індійський Нью-Делі, латвійську Ригу, нігерійську Абуджу, німецький Магдебург, російську Москву, словацький Прешов, узбецький Ургенч, українські Бердянськ, Дніпропетровськ, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Київ, Костянтинівку, Краматорськ, Красноармійськ, Кременчук, Львів, Маріуполь, Одесу, Полтаву, Сімферополь, Суми, Харків, Чернігів. 5 доповідей підготовлено українськими та зарубіжними дослідниками по матеріалам спільних робіт.

Серед учасників програми двадцять третього семінару Інтерпартнер – 58 докторів наук, 11 з яких (кожен п'ятий) став доктором наук через прослуховування дисертаційної роботи на спеціальних засіданнях вже минулих семінарів. Школу таких прослуховувань і фахових дискусій за їх мотивами пройшли 47 здобувачів вищого кваліфікаційного визнання. Це учасники програми нинішнього семінару доктори наук, професори Антонюк В.С. (НТУУ «КПІ»), Дядюра К.О. (СумДУ), Клименко Г.П. (ДДМА), Пижов І.М. (НТУ «ХП»), Сидорко В.І. (ІНМ НАН України), Сталінський Д.В. (УкрДНТЦ «Енергосталь»), Федорович В.О. (НТУ «ХП»); завідувачі кафедрами Дерев'янченко О.Г. (ОНПУ), Залого В.О. (СумДУ); декан факультету Мироненко Є.В. (ДДМА); ректор Оборський Г.О. (ОНПУ) та ін.

Від невеликого розділу лекцій з холодної обробки металів і перших досліджень К.А. Зворикіна до спеціалізованої підготовки інженерів кафедрою інтегрованих технологій машинобудування ім. М.Ф. Семка у руслі сучасних досліджень наукових лабораторій фізики процесів різання інструментами з надтвердих матеріалів та інтегрованих технологій – такий шлях пройшла наукова школа фізики різання за 130

років існування Харківського практичного технологічного інституту, нині Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Як про це свідчить досвід успішної життєздатності семінару Інтерпартнер, рік від року виклик цього наукового форуму науковому світу та відклик на нього національної та зарубіжної наукової спільноти не є чимось начебто наслідком колись вдалої спонтанної ініціації та послідуючого інерційного розвитку.

Необхідною та важливішою підтримкою традиційності семінару є бажання його учасників нових зустрічей в доброзичливому фаховому середовищі, апробації своїх напрацювань у колі найавторитетніших вчених вищої кваліфікації, конструктивних дискусій за презентаціями результатів досліджень, неспішних бесід за чашкою кофе або чаю із взаємозбагаченням набутим досвідом та намітками співробітництва.

Зведений реєстр юридичних суб'єктів, у різні роки співпрацюючих з НТУ «ХПІ» у справі матеріальної, технічної та інформаційної підтримки підготовки та проведення семінару, включає 54 організації, в числі яких великі університети, науково-дослідні інститути та промислові підприємства України, Угорщини, Сербії, Румунії, Росії, Польщі, Німеччини, Грузії, Греції.

Але ключовим живильним джерелом чвертьвікової фахової спроможності та майбутніх перспектив семінару Інтерпартнер є наполеглива підготовча праця впертих однодумців з базової кафедри інтегрованих технологій машинобудування імені Михайла Федоровича Семка харківської політехніки, яка достойно наслідує та розвиває здобутки наукової школи фізики різання.

У центрі уваги семінару Інтерпартнер у 2015 році – досягнення і перспективи розвитку високих технологій макро-, мікро- і нанорівнів; інтегрованих технологій машинобудування; фізики і механіки процесів обробки; інструментального забезпечення технологічних систем; моделювання і високих технологій наукоємного машинобудування; технологічного і метрологічного забезпечення якості; розвитку та управління в організації вищої технічної освіти і виробництва; розробки, досліджень і реалізації сучасного технологічного забезпечення.

Сьогодні харківської наукової школи фізики різання, як і високі технології її уваги, спрямоване в майбутнє під керівництвом фундатора семінару Інтерпартнер і невтомного верховного хранителя його фахової привабливості і благодатності, двадцять третє зосередження очагу яких цього року є надбанням гостинного одеського узбережжя Чорного моря і прийшлося на другу вересневу неділю початку восени восьмидесятиріччя свого об'єднувача і енергетичного центру, яким є керівник цієї наукової школи, завідувач кафедри інтегрованих технологій машинобудування імені М.Ф.Семка НТУ «ХПІ», заслужений працівник вищої освіти і лауреат державної премії України в галузі науки і техніки професор Анатолій Іванович Грабченко, втіленням задуму і організуючих дій якого і виник та існує феномен семінару Інтерпартнер у чвертьвіковій історичній ретроспективі Харківського політехнічного інституту. Феномен професійної відповідальності та доброзичливості, що одухотворяється високими достоїнствами культурних традицій народів, носіями і провідниками яких є його учасники.

Ю.Г. Гуцаленко,
член оргкомітету першого (1991) і відповідальний (вчений) секретар
програмного комітету II-XXIII (1992-2015) семінарів Інтерпартнер

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Агу Коллинз, Узунян М.Д.</i> Стоимостная оценка качества инструментов при алмазно-искровом шлифовании с применением технологии минимальной смазки.....	14
<i>Бабич Ю.И., Бабич Н.И., Тонконогий В.М.</i> Определение индивидуальных характеристик субъекта критической инфраструктуры, влияющих на процесс восстановления его квалификационных знаний в знание-ориентированных системах поддержки принятия решений.....	15
<i>Барандич Е.С., Федоран Ю.А., Волкогон В.М., Антонюк В.С., Выслоух С.П., Котляр Д.А., Кравчук А.В.</i> Влияние технологических параметров механической обработки на структурное состояние поверхностных слоев и сопротивление усталости стали ХВСГ.....	16
<i>Беликов С.Б., Волчок И.П., Нетребко В.В.</i> Оптимизация состава и свойств износостойких высокохромистых чугунов.....	19
<i>Борисенко Д., Карпушевский Б., Эммер Т.</i> Совершенствование системы торцевых сборных фрез с вставными кассетами с круглым хвостовиком...	21
<i>Борисенко И.И.</i> Оценка возмущения контейнера при его стегано-преобразовании.....	22
<i>Брижан Т.М., Минчев Р.М.</i> Технологическое обеспечение высокоточной механической обработки глубоких отверстий.....	24
<i>Вайсман В.А., Колесникова Е.В., Лопакон А.С., Борчанова Ю.С.</i> Стандартизация модели технологий инициации проектов.....	25
<i>Вайсман В.А., Колесникова Е.В., Олех Т.М., Оборская А.Г.</i> Построение системы менеджмента качества на основе международных стандартов.....	26
<i>Вайсман В.А., Рязанцев В.М., Гогунский В.Д., Чернега Ю.С.</i> Проектно-ориентированное управление должностными обязанностями на основе моделирования деятельности менеджера.....	27
<i>Верещак А.А., Верещак А.С., Батако А.Д., Хожяев О.Х.</i> Разработка и исследование наноструктурированных многослойно композиционных покрытий для безвольфрамовых твёрдых сплавов с расширенной областью технологического применения.....	30
<i>Внуков Ю.Н., Гермашев А.И., Дядя С.И., Козлова Е.Б.</i> Методика определения условий контактирования инструмента с тонкостенной деталью при ее концевом фрезеровании	36
<i>Внуков Ю.Н., Гермашев А.И., Дядя С.И., Козлова Е.Б., Каморкин П.А.</i> Разработка методики оценки уровня автоколебаний тонкостенной детали при ее концевом фрезеровании.....	38

Внуков Ю.Н., Гончар Н.В., Степанов Д.Н. Исследование температуры размягчения и плавления волокон различных инструментов.....	40
Внуков Ю.Н., Козлова Е.Б., Кондратюк Э.В. Конструирование многослойных покрытий для резания железоуглеродистых материалов инструментом из быстрорежущей стали	42
Внуков Ю.Н., Козлова Е.Б., Кондратюк Э.В. О влиянии PVD покрытий на условия резания, износ и стойкость инструмента.....	43
Внуков Ю.Н., Кучугуров М.В., Зубарев А.Е. Особенности работы привода главного движения токарного станка в режиме постоянного варьирования скоростью вращения шпинделя.....	47
Гавриш А.П., Роик Т.А., Вицюк Ю.Ю., Зигуля С.Н. Повышение качества шлифования поверхностей износостойких деталей трения из легированных титаном и вольфрамом композитов путем усовершенствования абразивных кругов	48
Гапонова О.П., Дядюра К.А., Супрун О.В., Сорока А.В. Исследование влияния режимов термической обработки на микроструктуру и свойства стали аустенитно-мартенситного класса	51
Голофеева М.А., Тонконогий В.М., Редько Т.О. Исследование зависимости диссипативных свойств синтеграна от частоты вынужденных колебаний.....	53
Гусарев В.С., Кадхим А.Б. Энергетические затраты на производство изделий машиностроения.....	55
Гуцаленко Ю.Г. Взаимосвязь параметров режущего рельефа алмазного круга с шероховатостью и производительностью обработки при устойчивом шлифовании.....	58
Гуцаленко Ю.Г. Взаимосвязь параметров режущего рельефа с шероховатостью и производительностью алмазно-искрового шлифования.....	59
Гуцаленко Ю.Г. Особенности и возможности формирования микрогеометрии обработанной поверхности алмазно-искровым шлифованием	60
Гуцаленко Ю.Г. Системный подход к сравнительной оценке работоспособности инструментальных материалов по стандартным регламентам стойкостных испытаний.....	65
Гуцаленко Ю.Г. Сравнительная оценка работоспособности режущих пластин из сверхтвердых материалов.....	67
Гуцаленко Ю.Г. Физико-математическая модель прессования в процессах консолидации порошков методом спарк-плазменного спекания	68
Гуцаленко Ю.Г. Физический прогноз особенностей вскрытия зеренных металлопокрытий с ультрадисперсными алмазами при алмазно-искровом шлифовании.....	69

<i>Гуцаленко Ю.Г., Ивкин В.В., Руднев А.В.</i> Модернизация эксплуатируемых универсальных шлифовальных станков и возможности современного развития модельного ряда станкостроения для реализации алмазно-искрового шлифования.....	71
<i>Гуцаленко Ю.Г., Ивкин В.В., Руднев А.В., Севидова Е.К., Степанова И.И.</i> Станкоинструментальные электроизоляционные покрытия поддержки алмазно-искрового шлифования.....	75
<i>Деревянченко А.Г., Волков С.К., Криницын Д.А.</i> Контроль состояний системы элементов режущей части резцов в инструментальном магазине станка с использованием СТЗ.....	76
<i>Деревянченко А.Г., Криницын Д.А.</i> Повышение глубины диагностирования состояний режущей части резцов с использованием системы технического зрения.....	77
<i>Деревянченко А.Г., Криницын Д.А., Стасюк К.В.</i> Определение параметров текущих состояний формообразующего участка режущих кромок резцов с использованием СТЗ	78
<i>Залогова В.А., Денисенко Ю.А., Ивченко А.В.</i> Система технико-экономических показателей инструментальной подготовки производства.....	79
<i>Залогова В.А., Зинченко Р.Н., Шаповал Ю.В.</i> Повышение стабильности процесса резки путем изменения скорости резания в процессе обработки...	82
<i>Залогова В.А., Ивченко А.В., Залогова О.А.</i> Система факторов, влияющих на качество инструментальной подготовки машиностроительного предприятия в условиях закупки металлорежущего инструмента.....	84
<i>Залогова В.А., Нагорный В.В.</i> Диагностирование технического состояния металлообрабатывающего станка.....	87
<i>Залогова В.А., Пирогов А.Д., Рыбалка П.В., Диденко Е.В.</i> Повышение точности обработки отверстий с глухими шпоночными пазами.....	90
<i>Зелинский С.А., Натальчишин В.В.</i> Программное управление модуляцией скорости резания в металлорежущих станках с ЧПУ.....	91
<i>Ищенко Г.И., Ищенко М.Г.</i> Технологические возможности ПАО «Турбоатом»	93
<i>Калафатова Л.П., Поколенко Д.В.</i> Определение влияния динамических характеристик процесса шлифования на качество обрабатываемой поверхности изделий из ситаллов.....	96
<i>Кальченко В.И., Кальченко Д.В., Следникова Е.С.</i> Модульное 3D-моделирование инструментов, процесса снятия припуска и формообразования при шлифовании со скрещенными осями распределительного вала и круга..	98

<i>Карнушевский Б., Эммер Т., Понке Х., Борисенко Д.</i> Стратегия сокращения проходов. Эффективный метод регулирования мощности и улучшения динамических характеристик фрезерования.....	100
<i>Клименко С.А., Манохин А.С., Копейкина М.Ю.</i> Состояние поверхностного слоя инструментов с ПСТМ на основе sBN при точении закаленной стали.....	101
<i>Кобелев В.М., Творищук И.М., Оргиян Анд.А.</i> Определение виброустойчивости и жесткости станка при совмещении подрезки с растачиванием....	102
<i>Колесник В.А., Криворучко Д.В., Митал Д.</i> Температура резания при сверлении пакетов углепластик/титановый сплав.....	104
<i>Колесников А.Е., Ткачук С.В., Отрадская Т.В., Васильева В.Ю.</i> Управление проектом создания информационной среды университета.....	104
<i>Кравченко Ю.Г., Дербабя В.А., Крюкова Н.В.</i> К вопросу эмпирического определения напряжений и коэффициентов трения при стружкообразовании.....	105
<i>Краснощек Ю.С.</i> Определение геометрических параметров инструмента при свободнообкатном резании.....	106
<i>Криворучко Д.О., Осадчий И.О.</i> Качество зубчатых колес на основе волокнистых полимерных композиционных материалов.....	107
<i>Кузнецов Ю.Н.</i> Эволюционный и генетический синтез технологического оборудования нового поколения.....	108
<i>Кучугуров М.В.</i> Влияние износа режущего инструмента на особенности динамики процесса резания при токарной обработке.....	109
<i>Кучугуров М.В., Гермашев А.И., Дядя С.И., Пирожок А.В.</i> Особенности реализации возможностей управления приводами станков на базе стойки ЧПУ Siemens.....	110
<i>Лавриненко В.И., Солод В.Ю.</i> К вопросу о функциональном действии технологических сред при абразивной обработке кругами из сверхтвердых материалов.....	111
<i>Ламнауэр Н.Ю.</i> Управление точностью технологических процессов обработки и сборки деталей по параметру линейного размера.....	112
<i>Левченко М.О., Кравченко Л.С., Ищенко М.Г.</i> Модульный комбинированный инструмент для многоцелевых станков.....	113
<i>Лищенко Н.В.</i> Частотные характеристики профилограммы поверхности и вибраций при её обработке.....	114
<i>Лищенко Н.В., Ларишин В.П., Сабиров Ф.С.</i> Спектральный анализ при измерении параметров шероховатости и волнистости фрезерованной поверхности.....	115

Лиценко Н.В., Рябенков И.А., Ларшин В.П. Определение температуры нестационарного и прерывистого шлифования.....	116
Лобанов В.К., Пащикова Г.И. Результаты исследования сопротивления усталости технических вариантов цапф задних мостов специальных транспортных средств.....	117
Мироненко Е.В., Клименко Г.П., Калиниченко В.В. Общая структура математической модели для определения энергоэффективных технологических параметров токарной обработки деталей тяжелого машиностроения.....	118
Немировский Я.Б., Чернявский А.В., Еремин П.Н. Особенности расчета усадки отверстий при деформирующем протягивании деталей из чугуна....	120
Нестеренко С.А., Пурич Д.А., Становский Ан.А., Монова Д.А. САПР реинжиниринга механических систем в эксплуатации.....	120
Новиков Н.В., Пащенко Е.А., Рябченко С.В. Шлифование специального инструмента на станках с ЧПУ кругами из СТМ.....	122
Новиков Ф.В., Кленов О.С. Оптимизация параметров круглого наружного шлифования по критериям точности и производительности обработки.....	124
Оборский Г.А., Паленный Ю.Г., Гугнин В.П., Перпери Л.М., Голобородько А.М. Бесконтактное измерение относительных перемещений инструмента и детали в процессе резания.....	125
Оборский Г.А., Тонконогий В.М., Гогунский В.Д. Наукометрические исследования публикационной активности, как составляющая инновационного развития университета.....	126
Онисько О.Р., Богаченко О.М., Ропяк Л.Я. Технологические аспекты армирования тел вращения гранулами легких карбидов в процессе электрошлакового центробежного литья.....	127
Оргиян А.А., Баланюк А.В., Албакуш Аимен. Расчеты погрешностей тонкого растачивания гладких и ступенчатых отверстий.....	128
Оргиян А.А., Кремнев Г.П., Колесник В.М. Совершенствование уровня технологической и практической подготовки бакалавров и магистров.....	128
Пасечник В.А., Адаменко Ю.И., Бесарабев Ю.И., Степаненко С.А. Обеспечение качества обработки отверстий комбинированными сверлами в деталях из ПКМ.....	129
Пермяков А.А. Современные силовые агрегаты как элементная база создания станков и систем агрегатно-модульной конструкции.....	130
Пермяков А.А., Пациора А.П., Чикина Н.А. Реакция смазочного слоя на направляющих опорах инструмента для обработки глубоких отверстий большого диаметра по схеме ВТА (STS).....	131

Поперека К.Д., Костенко В.Л. Разработка программного обеспечения автоматизированного контроля комплексного показателя санитарно-гигиенических факторов.....	132
Посвятенко Э.К., Будяк Р.В., Посвятенко Н.И. Физико-механические свойства поверхности глубоких отверстий деталей после комбинированного протягивания.....	132
Пузырь Р.Г. Расчет компонент тензора напряжений на цилиндрическом участке профиля обода колеса с учетом поверхностной нагрузки.....	133
Пыжов И.Н., Федорович В.А., Клименко В.Г. 3D моделирование процесса правки алмазных кругов методом конечных элементов.....	134
Равская Н.С., Охрименко А.А. Определение отклонения профиля зубчатых колес от эвольвентного при их зубофрезеровании червячными фрезами.....	135
Ропяк Л.Я., Левчук К.Г., Цедило К.И. Влияние эйлеровых сил на точность механической обработки отверстий при сверлении.....	136
Ропяк Л.Я., Маковийчук Н.В., Рогаль А.В. Теоретическое исследование изменения угла подъема винтовой линии конических резьб.....	137
Руденко С.В., Ма Фен, Гловацкая С.Н., Колесникова К.В. Внедрение проекта управления имиджем учебного заведения в реалиях Китая.....	138
Рыбалко А.П., Лищенко Н.В., Ларшин В.П. Системы технологической диагностики и адаптивного управления для станков с ЧПУ.....	140
Рябенков И.А., Гершиков И.В. Условия повышения эффективности процесса шлифования с дискретной радиальной подачей.....	141
Рябченко С.В. Исследование процесса шлифования зубчатых колес тарельчатыми кругами из КНБ.....	142
Рязанова-Хитровская Н.В., Пыжов И.Н., Крюкова Н.В. Некоторые пути повышения эффективности процесса алмазного выглаживания.....	143
Севидова Е.К. Особенности влияния импульсного напряжения на формирование коррозионно-электрохимических свойств упрочняющих наноструктурных покрытий.....	144
Сизый Ю.А., Сталинский Д.В., Романченко П.В., Слипченко С.Е. Разработка предложений по повышению точности изготовления шлифовальных кругов для ручных шлифовальных машин.....	145
Становская И.И., Щедров И.Н., Березовская Е.И., Добровольская В.В. Управление латентными рисками в технологии машиностроения.....	146
Становский А.Л., Торопенко А.В., Швец П.С., Бондаренко В.В. Автоматизированное проектирование теплообменных аппаратов с помощью фрактальных сверток компьютерных томограмм.....	148

Степанов М.С., Иванова М.С. Роль фактора технологической наследственности в формировании шероховатости поверхности при обработке отверстий комбинированным осевым инструментом.....	152
Стрельчук Р.М. Математическое моделирование тепловыделения в контактной зоне заготовки и шлифовального круга с учетом его изнашивания.....	153
Стрельчук Р.М. Чувствительность эксплуатационных свойств шлифовального круга к изменению параметров его стандартной характеристики.....	154
Стрельчук Р.М., Джуха Ш.К. Особенности износа алмазных кругов при шлифовании твердого сплава «Волкар».....	155
Ступницкий В.В. Исследование остаточных деформаций, формируемых в результате выполнения технологического перехода лезвийной обработки детали на основе имитационного моделирования процесса резания.....	155
Тигарев В.М., Тонконогий В.М., Сапожков Е.И. Создание системы моделирования и проектирования солнечных батарей в САПР Inventor.....	157
Тонконогий В.М., Голофеева М.А., Балан В.А. Исследование характеристик рассеивания энергии колебаний в базовых деталях станков из синтетрана.....	158
Тонконогий В.М., Лебедева Е.Ю., Духанина М.А., Абу Шена Осам. Испытание резинометаллических амортизаторов металлорежущих станков на деформацию.....	159
Тонконогий В.М., Прокопович И.В., Духанина М.А., Шмараев А.В. Повышение качества машиностроительных литых деталей.....	160
Тонконогий В.М., Синько И.С., Корнещук И.Т. Автоматизированное проектирование помещений со специальными акустическими свойствами.....	161
Тонконогий В.М., Якимов А.А. Расчет амплитуды колебаний при прерывистом шлифовании.....	162
Тонконогий В.М., Якимов А.А., Бовнегра Л.В. Динамика прерывистого шлифования.....	162
Турманидзе Р.С., Цикаришвили Е.Г., Попхадзе Г.З. Средства повышения эффективности методов получения энергии с использованием возобновляемых источников и ее аккумуляции.....	163
Усов А.В., Смирный С.Г. Исследование причин трещинообразования при шлифовании материалов и сплавов, склонных к этому виду дефектов.	164
Федорович В.А., Пыжов И.Н. 3D моделирование процесса изготовления алмазных кругов методом конечных элементов.....	166

Федорович В.А., Пыжов И.Н. Расчет рациональных характеристик алмазных кругов на этапах их изготовления и эксплуатации.....	168
Филатов А.Ю. Полирование прецизионных поверхностей опто-электронных элементов из сапфира.....	169
Филатов Ю.Д., Сидорко В.И., Филатов А.Ю., Ковалев С.В., Ветров А.Г., Сильченко Я.Л., Данильченко М.А. Полирование монокристаллических материалов для оптоэлектронной техники.....	170
Черкашенко М.В., Полушкин К.А. Проектирование пневматической системы управления станком для электрохимического маркирования....	171
Шелковой А.Н., Семченко М.С. Повышение эффективности проектирования компоновок металлорежущих станков с применением системы имитационного моделирования.....	171
Шелковой А.Н., Шрон Л.Б., Ищенко Г.И., Рузметов А.Р., Семченко М.С. К вопросу о имитационном моделировании машинно-ручных технологических операций в системах обработки металлов резанием.....	172
Шкуруний В.Г. Оценка влияния износа зерен на шероховатость обрабатываемой поверхности при абразивном полировании.....	173
Якимов А.А. Влияние конструкции прерывистого шлифовального круга на геометрические показатели качества обработанной поверхности.....	174
Якимов А.А. Определение времени теплового насыщения при проектировании абразивного инструмента с прерывистой рабочей поверхностью..	174
Якимов А.А. Расчет интенсивности теплового потока при зубошлифовании двумя тарельчатыми абразивными кругами по нулевой схеме.....	176
Якимов А.А., Бовнегра Л.В., Корнешук И.Т. Расчет глубины дефектного слоя, образующегося при зубошлифовании тарельчатые кругами.....	176
Якимов А.А., Бовнегра Л.В., Кулик В.П. Выбор геометрических характеристик макрорельефа рабочей поверхности прерывистого шлифовального круга с учетом динамических явлений, присущих прерывистому шлифованию.....	177
Якимов А.А., Браилов А.Ю. Изыскание возможности увеличения производительности обработки на зубошлифовальных станках, работающих двумя тарельчатыми кругами.....	178
Яровой Ю.В., Яровая И.А. Распределение припуска по условию минимума удельной работы резания.....	179
Страноведческая статистика интерпартнерства на четвертьвековом рубеже международного научно-технического семинара «Высокие технологии: тенденции развития» (1991-2015).....	180

Агу Коллинз, Абуджа, Нигерия, М. Д. Узунян, Харьков, Украина

СТОИМОСТНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИНСТРУМЕНТОВ ПРИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МИНИМАЛЬНОЙ СМАЗКИ

Как известно, существуют различные критерии оценки качества обработки изделий – шероховатость поверхности, физическое состояние поверхностного слоя, остаточные напряжения и др. Результаты анализа влияния названных показателей качества на потенциальную работоспособность изготовленных деталей не однозначны.

Поэтому более важным представляется рассмотрение результатов шлифования не только и не столько при изготовлении изделий и инструмента, сколько в процессе их эксплуатации. Например, низкий относительный расход алмазов и невысокая себестоимость обработки при шлифовании не всегда отражают лучший вариант и рациональность процесса. Естественно, что потребителя интересует надежность приобретенного инструмента и экономическая целесообразность его применения. Поэтому представляют большой интерес подходы, связанные с инжинирингом качества, которые находят применение в последнее время. Это дает возможность оценивать качество изготовления и одновременно применения в стоимостном выражении.

Важной особенностью этого подхода является отношение к основным показателям производственной продукции, которыми являются качество и стоимость. Отдавая предпочтение экономическому фактору, следует отметить, что стоимость и качество связываются одной характеристикой, названной функцией потерь. При этом учитываются потери как со стороны изготовителя, так и со стороны потребителя. Таким образом, основная задача состоит в удовлетворении обеих сторон – изготовителя и потребителя. Поэтому, если оценивать качество в стоимостном выражении для потребителя, то это позволяет более эффективно конкурировать при реализации продукции.

Применительно к нашим условиям шлифования, фактически представляется возможным оценить надежность шлифованных инструментов в стоимостном выражении. При этом интегральным показателем качества является суммарная технологическая себестоимость, которая включает не только себестоимость собственно процесса шлифования, но и учитывает стойкость заточенных инструментов с помощью оценки длины пути резания до определенного критерия затупления.

Представляется целесообразным учитывать фактор шероховатости, характеризующий преимущество шлифования с применением технологии минимальной смазки.

Приведены сравнительные результаты шлифования твердого сплава Т15К6 по длине пути резания, производительности и себестоимости обработки, относительному расходу алмазов и шероховатости поверхности.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 3-7.

Ю. І. Бабич, М. І. Бабич, В. М.Тонконогий, Одеса, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУБ'ЄКТА КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ЙОГО КВАЛІФІКАЦІЙНИХ ЗНАТЬ В ЗНАННЯ-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

В кожній критичній інфраструктурі (КІ) є свої посадові інструкції для кожного суб'єкта критичної інфраструктури (СКІ), які він повинен знати та дотримуватись при прийнятті рішень для запобігання виникнення аварійно-небезпечних ситуацій. Серед великої кількості рішень можна відокремити так звані управлінські рішення, які стосуються дій особи, що приймає рішення, направлених на досягнення повної мети управління. Мінуси людського фактору виявляються в тому, що суб'єкти можуть допускати критичні помилки при виконанні професійної діяльності у зв'язку з втратою кваліфікаційних знань (КЗ). Саме тому індивідуально-орієнтований підхід в процесі відновлення КЗ набирає все більший пріоритет. А інформаційні технології, направлені на покращення процесу відновлення кваліфікаційних знань та підбір індивідуальної стратегії для цього процесу, стають все більше необхідними. Також слід зазначити, що у відповідності з передовими тенденціями, такий підхід дає змогу розглядати кваліфікаційні знання СКІ як капітал, який приносить прибуток КІ, а витрати на процес відновлення цих знань, як прибуткові капіталовкладення. Зважаючи на актуальність розглянутої проблеми в роботі запропоновано розробити знання-орієнтовану систему підтримки прийняття рішень при виборі індивідуальної стратегії відновлення кваліфікаційних знань СКІ.

Управлінські дії диференціюються в залежності від предмета, галузі, важливості, часового горизонту, ступеня невизначеності ситуації, за якою приймається рішення, та ступеня повторюваності. Рішення, що приймаються на практиці, мають різний ступінь повторюваності – від одноразових рішень (унікальних) до рішень із високим ступенем повторюваності. У зв'язку з цим існує класифікація проблем прийняття рішення, яка враховує знання про їх структуру. Згідно з цією класифікацією в процесі аналізу факторів, які впливають на процес відновлення кваліфікаційних знань суб'єкта критичної інфраструктури, було прийнято рішення використовувати наступні

індивідуальні характеристики суб'єкта критичної інфраструктури: час забування; рівень мотивації; продуктивність роботи; рівень кваліфікаційних знань.

Аналіз рішень спирається на сучасну теорію прийняття рішень з багатьма цілями в умовах невизначеності або ризику. Даний підхід перш за все спрямований на розробку рекомендацій і розпоряджень щодо того, як приймати рішення. Він забезпечує методологію як для структуризації ситуацій, пов'язаних із прийняттям рішень, так і для визначення раціональних варіантів вибору. Суть аналізу рішень полягає у розбитті складних проблем на простіші компоненти, які підлягають керуванню. В рамках даної роботи розглядається визначення двох з чотирьох індивідуальних характеристик: часу забування та рівня мотивації.

Для підвищення результативності управління процесом отримання КЗ, умінь та навичок суб'єкта критичної інфраструктури необхідно впроваджувати інструментальні середовища, здатні витягувати з загальної бази знань середовища навчання персоналізовану інформацію і визначати індивідуальні стратегії відновлення кваліфікаційних знань. Запропонований підхід дозволить, на погляд авторів, спроектувати і реалізувати варіативний підхід при прийнятті рішення щодо вибору індивідуальної стратегії для відновлення КЗ і створення електронної інформаційної підтримки курсу навчання.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 3-10.*

Е. С. Барандич, Ю. А. Федоран, В. М. Волкогон, В. С. Антонюк,
С. П. Выслоух, Д. А. Котляр, А. В. Кравчук, Киев, Украина

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ И СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ СТАЛИ ХВСГ

Известно, что механическая обработка вызывает пластическую деформацию, нагрев в поверхностном слое материала обрабатываемой детали и сопровождается структурными изменениями, возникновением неравномерных по глубине и значению остаточных деформаций и напряжений. При этом изменения в поверхностном слое зависят от величины температуры и давления в зоне резания, а также от химического состава и исходной структуры материала.

Неровности поверхности детали, структура, фазовый и химический состав поверхностного слоя влияют на ее физико-механические и эксплуатационные свойства, поскольку при эксплуатации поверхностный слой подвергается наиболее сильному воздействию и разрушение детали в большинстве случаев начинается с поверхности. Особенно это касается деталей, работающих в условиях циклических и знакопеременных нагрузок. Наличие на их поверхности отдельных дефектов и неровностей способствуют возникновению субмикроскопических нарушений целостности металла поверхностного слоя и его розрыхления, что является первопричиной образования усталостных трещин.

При изготовлении ответственных деталей окончательной операцией часто является шлифование, однако этот процесс, как правило, приводит к снижению сопротивления усталости, что обусловлено возникновением при обработке растягивающих остаточных напряжений. Грубая токарная обработка также снижает сопротивление усталости конструкционных и инструментальных сталей из-за худшей микрогеометрии поверхности. Однако тонкое точение с малыми подачами позволяет получить поверхность с хорошей микрогеометрией, меньшим числом дефектных мест (задилов, трещин, рваных мест) и наличием упрочняющего эффекта.

Наиболее существенное влияние токарной обработки на выносливость инструментальных легированных сталей оказывают величина подачи, радиус закругления резца, передний угол и скорость резания. Изменение глубины резания мало влияет на сопротивление усталости сталей, поскольку микрогеометрия обработанной поверхности не существенно зависит от указанного параметра; а некоторое возрастание наклепа при увеличении глубины резания компенсируется ростом остаточных напряжений растяжения.

Применение сверхтвердых инструментальных материалов на основе вюрцитного нитрида бора – гексанита, которые имеют высокую теплопроводность, способствует формированию остаточных напряжений сжатия и, как следствие, повышению усталостной прочности обработанных материалов. Однако вопрос использования нитридной керамики при обработке инструментальных легированных сталей точением и шлифованием исследован недостаточно.

Целью представленной работы является исследование особенностей влияния технологических параметров механической обработки – инструментального материала и режимов на сопротивление усталости и структурное состояние поверхностных слоев инструментальной легированной стали ХВСГ (ГОСТ 5950-73) твердостью HRC 54...56, полученных при шлифовании абразивными кругами и при точении резцами из гексанита-Р.

Технологический процесс изготовления образцов состоял из резки круглого проката на заготовки, предварительной токарной, получистовой и чистовой их обработки. Для исследования влияния процесса шлифования образцы из стали ХВСГ изготавливали в виде цилиндров высотой 10 мм и диаметром 50 мм, а для процесса точения – длиной 250 мм, которые закаливали при температуре 850 °С (с охлаждением в масле) и отпускали при температуре 200 °С на воздухе.

Шлифование проводили на круглошлифовальном станке 3Б12 абразивными кругами: 1А1 250х16х76 63С 6 СМ1К; с режимами обработки: число оборотов круга – 2800 об/мин, число оборотов образца – 400 об/мин.

Точение осуществляли на токарном станке мод. 16К20 резцами из гексанита-Р с режимами обработки – скорость резания $V = 20, 40, 80, 160$ и 250 м/мин, подача $s = 0,07$ мм/об и глубина резания $t = 0,25$ мм.

Структурное состояние поверхностных слоев образцов оценивали по характеру изменения микротвердости, фазового состава, структурного и напряженного состояния фиксированных фаз методом послойного рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-3 в Fe Ka-излучении.

Исследования микротвердости поверхностных слоев образцов проводили на микротвердомере мод. ПМТ-3 при нагрузке 0,2 Н и 0,5 Н.

Количество остаточного аустенита ($f\gamma$) в исследуемых образцах определяли по данным измерения интегральной интенсивности рентгеновских линий (110) и (111) α и γ -фазы с учетом фактора повторяемости.

Напряжения I-рода в поверхностных слоях оценивались рентгенографически как сумма главных напряжений ($\sigma_1 + \sigma_2$).

Усталостные испытания образцов проводились в условиях консольного изгиба с вращением. Частота изменения нагрузки составляла – 15,0 Гц, база испытаний – 10 млн. циклов. Для построения кривой усталости испытывалось не менее 15 образцов, обработанных по принятому режиму обработки. Полученные в результате расчета средние значения Исследование особенностей влияния вида инструментального материала и режимов механической обработки на сопротивление усталости и структурное состояние поверхностных слоев инструментальной легированной стали $\bar{\sigma}$, $\lg \bar{N}_p$, среднеквадратичные отклонения значений σ_i и $\lg N_{pi}$, коэффициент корреляции и другие являются исходными для получения корреляционного уравнения – уравнения кривой усталости.

Проведенные исследования точения резцами из гексанита-Р и шлифования абразивным кругом инструментальной легированной стали ХВСГ показали следующее:

- с увеличением теплопроводности инструментального материала сужается зона структурных изменений, происходящих в поверхностном слое обрабатываемого материала, она минимальна при точении резцами из гексанита-Р;
- количество остаточного аустенита при обработке резцами из гексанита-Р минимально в диапазоне скоростей резания 20-80 м/мин.;
- совместное влияние давления и температуры в процессе скоростного резания приводит к уменьшению степени наклепа γ - фазы в поверхностном слое;
- обработка инструментом из гексанита-Р для α - и γ -фаз в поверхностном слое сопровождается только сжимающими остаточными напряжениями, в то время как абразивная обработка способствует возникновению растягивающих напряжений I-рода;
- процесс точения резцами из гексанита-Р повышает предел выносливости по сравнению со шлифованием абразивным кругом на 30%, при этом увеличение скорости резания от 50 до 200 м/мин не приводит к существенному изменению сопротивления усталости.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 8-16.*

С. Б. Беликов, И. П. Волчок, В. В. Нетребко, Запорожье, Украина;

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА И СВОЙСТВ ИЗНОСОСТОЙКИХ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ЧУГУНОВ

Высокохромистые чугуны используются для деталей машин, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания в различных средах. Структура чугунов состоит из металлической основы, которая может быть ферритной, мартенситной, аустенитной или состоящей из этих фаз в определенных соотношениях и карбидов, в количестве до 40 %. Свойства и применение этих чугунов определяются сочетанием различной металлической основы и количества карбидов.

Металлическая основа износостойких чугунов должна обладать достаточной прочностью и вязкостью для удержания карбидов. Лучшими в этом отношении являются мартенситная основа и аустенитная, образующая мартенсит деформации. Оптимальной основой, в условиях ударно-абразивного изнашивания, является мартенсито-аустенитная, содержащая 50...70 % аустенита. Однако такие чугуны практически невозможно обрабатывать лезвийным инструментом.

Проблема обрабатываемости этих материалов возникает при изготовлении ремонтного литья в мелкосерийном производстве, где неэффективно использование специализированного оборудования или специальных методов обработки (электроэрозионной или электрохимической). Обрабатываемость резанием зависит от исходной структуры и свойств материала детали, состояния литой поверхности, наличия литейных дефектов (раковин), материала резца, режимов резания, процессов, вызывающих изменение структуры во время обработки и других факторов. Известные способы повышения обрабатываемости (уменьшение содержания углерода и легирующих элементов) снижают износостойкость. Улучшение обрабатываемости высокохромистых чугунов за счет проведения смягчающей термической обработки (отжига) требует проведения восстановительной обработки (нормализации или закалки) после механической обработки. Такая технология является дорогостоящей и энергозатратной.

Наиболее оптимальным решением этой проблемы является получение чугуна с удовлетворительной обрабатываемостью в литом состоянии с последующей термической обработкой, повышающей твердость и износостойкость.

При разработке составов износостойких чугунов с удовлетворительной обрабатываемостью необходимо учитывать:

- наличие коррозионной среды (необходимо содержание хрома в металлической основе более 13%);
- твердость абразива (требуется высокая твердость металлической основы, а также большое количество карбидов прочно закрепленных в основе);
- наличие ударных нагрузок (легирование Ni и Mn);
- образование крупных заэвтектических карбидов, снижающих износостойкость и ухудшающих обрабатываемость резанием.

В процессе термической обработки протекают процессы, которые влияют на эти ограничения:

- при охлаждении снижается растворимость углерода в γ -Fe, что вызывает образование специальных карбидов Cr, которые снижают содержание Cr в металлической основе особенно в околокарбидных зонах;
- образуются мелкодисперсные карбиды, которые могут выкрашиваться в процессе эксплуатации, что снижает износостойкость.

Целью данной работы являлась определение влияния химического состава чугуна на его обрабатываемость, а также влияние отжига и нормализации на твердость чугуна и химическую неоднородность металлической основы.

Химический состав исследуемых чугунов (масс. %) представлен в таблице. Чугун выплавляли в индукционной печи с основной футеровкой. В

сухіе форми отливали циліндрические образці діаметром 30мм и довжиною 400мм, которые перед испытаннями обтачивались до діаметра 25мм. Оцінка оброблюваності чугунів вироблялась по методу А. С. Кондратова с побудовою залежностей лінійного износа задньої поверхності різця от швидкості різання в подвійній логарифмічеській сітці координат, а також путем визначення лінійного износа на одиницю довжини шляху різання. Для точення використовували різці с пластинами 10x10мм из сплава BK8 по ГОСТ 19051–80. Режимы різання: глибина різання – 0,8мм; продольная подача – 0,15 мм/об, частота вращення шпинделя при точенні 200...630 об/мин. СОЖ не применяли. Анализ структуры выполняли на оптическом микроскопе Sigeta MM–700 и РЕМ 106И. Свойства чугунів визначали в литом состоянии и после отжига в течение 9 ч при 720 °С, а также после гомогенизуючої выдержки при 1050° С в течение 4,5 ч с последующей нормализацией. Коррозионные испытания чугунів проводили в среде HCl с рН 2,5. Микротвердость структурных составляющих измеряли на приборе ПМТ–3 и Duramin–1, макротвердость сплава – на твердомере Роквелла.

№ п/п	C	Cr	Mn	Ni	Si
1	1,1...3,8	17,8	1,5	0,2	1,3
2	3,1	11,4...29,9	1,6	1,4	1,1
3	2,5	18,9	0,7...5,9	0,2	1,3
4	3,4	19,7	5,7	0,2...2,7	1,0

По результатам выполненных исследований удовлетворительную обрабатываемость, в литом состоянии, имеют износостойкие чугуны, легированные до 2% Mn и 1,5% Ni, содержащие углерод до 2,4% и хром до 24%. Для повышения твердости этих чугунов, после механической обработки, необходимо проведение гомогенизуючої выдержки при 1050° С в течение 4,5 ч с последующей нормализацией.

Для повышения твердости чугунов, содержащих более 4% Mn, а так же чугунов, эксплуатируемых в коррозионной среде, после обработки резанием рекомендуется проводить отжиг в течение 9 ч при 720° С.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 18-26.*

Д. Борисенко, Б. Карпушевський, Т. Еммер, Магдебург, Німеччина

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТОРЦЕВИХ ЗБІРНИХ ФРЕЗ З ВСТАВНИМИ КАСЕТАМИ З КРУГЛИМ ХВОСТОВИКОМ

Фрезерування було і залишається одним з найпоширеніших методів обробки різанням. При обробці площин і уступів використання збірних

касетних торцевих фрез є більш ефективним ніж цільно-твердосплавного інструменту. Але збірні касетні фрези через свої конструктивні особливості не можуть бути виконані діаметром меншими за 80 мм. Тому обробка таким фрезами площин і уступів, ширина яких не перевищує 80 мм, є неефективною. Окрім того, конструктивні особливості існуючих збірних касетних фрез зумовлюють високу собівартість їх виготовлення. А конфігурація вставних касет суттєво обмежує універсальність цього інструменту і робить кожну конструкцію придатною до виконання лише певного технічного завдання. З метою створення більш універсального інструменту в Отто вон Геріке Університеті Магдебург (Німеччина) була розроблена конструкція збірних торцевих фрез з вставними касетами з круглим хвостовиком.

Розроблена конструкція збірної торцевої фрези з вставними касетами, які мають круглий хвостовик (Rundschaftsystem), відповідає всім високим вимогам до точності різального інструмента, але водночас має відчутно нижчу вартість виготовлення в порівнянні з фрезами з призматичними касетами. Причиною цьому є те, що касети мають просту геометричну форму: вони складаються з двох циліндрів (хвостовика і циліндра з пазом під різальну пластину). Це дозволяє виготовити ці касети шляхом відносно дешевих точіння і фрезерування, при цьому забезпечуючи високу точність. В корпусі ж фрези, шляхом свердління, виготовляється отвір для хвостовика касети. Таким чином всі елементи конструкції фрези виготовляються шляхом відносно дешевих різальних процесів, що дозволяє відчутно знизити собівартість такого інструменту.

Удосконалена конструкція торцевих збірних фрез з касетами з круглим хвостовиком може бути реалізована на фрезах діаметром від 16 до 315 мм, що дозволяє значно ефективніше оброблювати вузькі площини і уступи. Варто помітити, що, на відміну від представлених на ринку конструкцій фрез діаметром меншим за 80 мм, де пластини кріпляться безпосередньо в корпусі фрези, дана конструкція дозволяє використовувати вставні касети, що значно підвищує універсальність даного інструменту.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 17-24.*

И. И. Борисенко, Одесса, Украина

ОЦЕНКА ВОЗМУЩЕНИЯ КОНТЕЙНЕРА ПРИ ЕГО СТЕГАНОПРЕОБРАЗОВАНИИ

Основной целью компьютерной стеганографии является сокрытие сообщения в некотором не привлекающем к себе внимания объекте –

контейнері так, щоб само його присутність в контейнері не викликало підозри. В якості повідомлення може виступати будь-яка конфіденціальна інформація – особисті або медичні дані, банківська або комерційна інформація і т.д. Процес встраювання повідомлення в контейнер будемо називати стеганографічним перетворенням (СП), а результат СП – стеганографічним повідомленням або стеганоконтейнером.

Як відомо, стеганографічна система є абсолютно надійною (абсолютно надійною), якщо ймовірнісне розподілення контейнера точно відповідає розподіленню стеганоконтейнера. Теоретично такі стеганосистеми для штучних джерел були побудовані. Але, неможливо точно визначити ймовірнісні розподілення реальних контейнерів, в ролі яких виступають цифрові медіа (звук, цифрові зображення, відео кадри) в силу складності їх структури, тому абсолютно надійну стеганосистему на основі таких емпіричних джерел побудувати неможливо. В силу сказаного, побудова захищених стеганографічних систем з використанням реальних контейнерів є відкритим питанням і потребує подальшого дослідження і розвитку.

Метою поточної роботи є розробка методу оцінки впливів матриці контейнера при його стеганографічному перетворенні, який би: 1) не залежав від використовуваного стеганографічного алгоритму і області завантаження повідомлення; 2) дозволяв проводити порівняння рівня впливів, вносимих різними стеганоалгоритмами.

Для досягнення мети потрібно вирішити наступні завдання: 1) дослідити впливи, вносимі елементами контейнера при його модифікації з метою визначення кількісної міри для оцінки таких впливів; 2) побудувати функцію для оцінки впливу матриці контейнера при його стеганоперетворенні; 3) провести обчислювальний експеримент з метою перевірки ефективності розробленого методу.

В роботі запропоновано метод оцінки впливів контейнера, який дозволяє мінімізувати ці впливи за рахунок визначення місця локалізації встрайованого повідомлення в час стеганоперетворення. Запропонований метод може використовуватися при розробці нових стеганографічних алгоритмів, а також для порівняння різних стеганоалгоритмів з метою вибору кращого з них за критерієм мінімальності вносимих впливів в контейнер.

Т. М. Брижан, Р. М. Минчев, Мариуполь, Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫСОКОТОЧНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

Изготовление высокоточных глубоких отверстий является наиболее сложными операциями технологии машиностроения в связи с возникновением при обработке значительных погрешностей. Поэтому совершенствованию данных операций на основе применения новых технологий, инструментов и оборудования уделяется большое внимание. В последние годы широко применяются технологии высокоскоростной обработки отверстий, позволяющие уменьшить силовую и тепловую напряженность процесса резания и соответственно повысить точность и производительность обработки. Вместе с тем, возможности этих технологий в полной мере не изучены, что затрудняет их практическое использование. В связи с этим актуальным является теоретическое обоснование условий повышения точности и производительности обработки глубоких отверстий в деталях, изготовленных из труднообрабатываемых материалов.

Научные основы точности и производительности механической обработки отверстий отражены в учебниках и монографиях по технологии машиностроения и теории резания материалов. Однако в них выбор методов обработки отверстий и рациональных технологических параметров рекомендуется производить в основном с использованием результатов экспериментальных исследований, т.к. отсутствуют общие аналитические решения, с единых позиций описывающие технологические закономерности и возможности всего многообразия существующих методов обработки отверстий. В особой мере это относится к современным методам высокоскоростной обработки глубоких отверстий. Поэтому установление общих теоретических решений по формированию погрешностей обработки глубоких отверстий для основных методов лезвийной и абразивной обработки, в том числе высокоскоростной обработки, имеет важное теоретическое и практическое значение.

Целью работы является определение путей повышения точности и производительности обработки глубоких отверстий на основе установления общих технологических закономерностей формирования погрешностей обработки и условий их уменьшения для различных процессов лезвийной и абразивной обработки отверстий. Используя данные решения, можно будет научно обоснованно подходить к выбору наиболее эффективных методов обработки глубоких отверстий и направлений их дальнейшего совершенствования.

В работе теоретически обоснованы условия повышения точности обработки глубоких отверстий в связи с возникновением в технологической

системе упругих перемещений применительно к процессам лезвийной и абразивной обработке включая процессы растачивания, рассверливания, развертывания, фрезерования и шлифования. Теоретически доказаны принципиальные отличия в формировании погрешностей обработки отверстий для рассмотренных процессов. Установлено, что при съеме неравномерных припусков добиться наилучших показателей точности и производительности обработки отверстий можно на основе использования метода внутреннего шлифования и высокоскоростного фрезерования концевыми фрезами на станках с ЧПУ.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 11-19.*

В. А. Вайсман, Е. В. Колесникова, А. С. Лопаків, Ю. С. Борчанова
Одеса, Україна

СТАНДАРТИЗАЦІЯ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЙ ІНІЦІАЦІЇ ПРОЄКТОВ

В практиці систем менеджмента якості (СМК) використовуються підходи проєктного управління і визначення, відомі з теорії систем: системний підхід, цілісність, структура, моделі, багатовекторність і др. Дійсно, СМК, як цілісна система діяльності підприємств, направлена на забезпечення умов якості підготовки виробництва і узгодженої роботи підсистем виробництва включає комплекс процесів, які формують проєктно-орієнтовану середовище організацій і можуть бути реалізовані в рамках СМК через проєкти.

Як відомо, управління відноситься до сфери професійної діяльності в будь-якій області знань, направлених на формування і досягнення цілей організацій, колективів, окремих осіб. Можливо також відзначити, що управління реалізується через технології постановки і досягнення цілей в техніці, економіці і інших областях людської діяльності. Технології управління включають в себе моделі, методи, способи і прийоми виконання управлінських робіт. Тому ключовим гравцем в команді, забезпечуючої виробничу діяльність підприємств, є менеджери СМК, які в останнє час трансформуються в систему управління підприємством. Реструктуризація організаційної складової діяльності підприємств в напрямку проактивного управління програмами і проєктами, особливо в області забезпечення якості, є пріоритетним напрямком розвитку підприємств і організацій.

Целью работы является стандартизация структурной модели технологий управления проектами на основе системного подхода в контексте реализации СМК.

Предложен вариант модели состава стандартных технологий управления. Дальнейшие исследования могут быть направлены на построение модели структуры управления с учетом технологий реализации, области применения, уровня компетентности персонала, а также специфических характеристик объекта управления.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 33-39.*

В. А. Вайсман, Е. В. Колесникова, Т. М. Олех, А. Г. Оборская
Одесса, Украина

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА НА ОСНОВЕ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ

В условиях рыночной экономики общее руководство качеством трансформировалось в систему точного понимания требований потребителей для полного удовлетворения этих требований. Потребители всё чаще требуют от поставщиков принятия официальных подходов к качеству, как доказательства способности его достижения.

В наше время управление качеством перешло от рабочего, управляющего рабочим процессом, к менеджеру. Это разделение приводит к разрыву в общении между рабочими и управляющими, между потребителями и поставщиками. Развитие новых технологий принесло дальнейшие трудности. Стала очевидной нелепость попыток управлять качеством после того, как продукт произведён. Предотвращение брака до и во время производственного процесса снижает издержки, повышает эффективность производства. Ключевым понятием обеспечения качества стало «предотвращение» - вместо «обнаружения» отклонений.

Международный стандарт ISO 10002:2007 определяет качество как: «Совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворять установленные и предполагаемые потребности» [1]. Это подразумевает, что продукт должен соответствовать спецификации, заданной потребителем во всех отношениях и по всем параметрам. Такой подход возлагает определенную ответственность на заказчика за предоставление правильных технических условий (ТУ). Нельзя утверждать, что поставщик не сумел произвести качественный продукт, если он точно соблюдал заданные заказчиком ТУ. В сущности, качество с производственной точки зрения можно

определить как: соблюдение ТУ потребителя; удовлетворение требований потребителя; соответствие цели. Обеспечение качества включает в себя: «Все планируемые и систематически осуществляемые виды деятельности в рамках системы качества, а также подтверждаемые (если это требуется), необходимые для создания достаточной уверенности в том, что объект будет выполнять требования к качеству» [2].

Последние публикации по теории и практике управления качеством отражают тенденцию возрастания роли качества и применения методологии управления проектами для изготовления и поставки продукта, удовлетворяющего требования потребителя. Поэтому, на практике, управление проектами, вбирая в себя методы менеджмента качества, фактически трансформируется в управление качеством проектов на основе концепции стандартов серии ISO 9000. Эти стандарты содержат рекомендации о том, чтобы системы менеджмента качества, сохраняя отслеживание жизненного цикла продукта, строились по принципу организации и управления процессами и их системами таким образом, чтобы качество обеспечивалось, управлялось и улучшалось. В стандартах этого поколения заложена основа для тотального управления качеством (TQM) [2].

Цель исследований – разработка подходов для применения методологии управления проектами при реализации систем менеджмента качества.

Показано, что основой реализации проектов систем менеджмента качества (СМК) являются процессы. Управление процессами и контроль состояния оборудования определяют качество продукта. При этом одним из основных процессов в СМК является управление продуктом, не соответствующим установленным требованиям.

Литература: 1. ДСТУ ISO 10002:2007 Управління якістю. Задоволеність замовників. (ISO 10002:2004, IDT). 2. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2008, IDT).

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 192-200.*

В. А. Вайсман, В. М. Рязанцев, В. Д. Гогунский, Ю. С. Чернега
Одесса, Украина

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОЛЖНОСТНЫМИ ОБЯЗАННОСТЯМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕНЕДЖЕРА

Глобальные тренды по проектизации бизнеса связаны с усложнением технологий, сокращением цикла производства и снижением стоимости изделий. Так, для предприятий эффективность рыночной конкуренции

определяется элементами среды, основными из которых являются: технологии, ресурсы, персонал, менеджмент, рынок и проекты. Доступность и потенциальные возможности воздействия на эти элементы, кроме менеджмента, почти одинаковы. Поэтому совершенствование менеджмента на основе новой философии проектно-управляемого управления организациями предоставляет потенциальные возможности улучшения результативности деятельности на порядок. Трансформация организаций в направлении проактивного управления программами и проектами, особенно в области обеспечения безопасности персонала, является приоритетным направлением развития предприятий.

Цель статьи - разработать модель деятельности работника в проектно-ориентированной организации в соответствии с должностной инструкцией, определяющей перечень работ и обязанностей, направленных на обеспечение безопасности технических систем и работы персонала предприятия.

Современное управление предприятиями, к сожалению, не ориентировано на проектно-управляемые формы управления, предполагающие управление изменениями в организации при существенных возмущениях внутренних и внешних условий. При этом сдерживающим фактором является функциональный подход. Корпоративные цели в таких иерархических системах обеспечиваются только административным и организационным управлением высшего руководства, а оценка эффективности управления затруднена и ответственность за хозяйственные и производственные результаты размыта.

Перестройка бизнеса при переходе на проектно-управляемые основы управления требует формирования новой производственной среды, включающей, прежде всего, совершенствование и согласование подсистем обеспечения задач управления качеством, подготовку персонала, в том числе, в области обеспечения безопасности оборудования и работы персонала. В развитие положений Дж. Тернера по управлению изменениями организациями с помощью проектов, необходимо рассматривать систему управления организацией как комплекс взаимосвязанных проектов / программ / портфелей в проектно-управляемой среде с непрерывным улучшением процессов и продуктов.

Разработка проектов по обеспечению безопасности технических систем и работы персонала включает комплекс мероприятий, которые направлены на создание комфортных и безопасных условий труда работающих. Ключевым игроком в команде, обеспечивающей производственную деятельность предприятий, являются инженеры охраны труда (ИОТ). Охрана труда на предприятиях связана с реализацией проектов по снижению смертности и производственного травматизма в процессе трудовой деятельности, а также направлена на уменьшение числа рабочих мест с

вредными и опасными условиями. При этом при нарушениях инструкций по охране труда могут применяться различные взыскания, в том числе, и по отношению к ИОТ - административный протокол, предписание, штрафные санкции за нарушение нормативных актов по охране труда, невыполнение распоряжений должностных лиц органов госнадзора за охраной труда. В общем случае нарушение правил охраны труда карается Законом в зависимости от степени опасности нарушения и следующих последствий в дисциплинарном, административном или уголовном порядке. Поэтому управление деятельностью инженера охраны труда путем регламентации его обязанностей, предписываемых должностной инструкцией, является актуальной задачей. Одним из способов решения этой научно-прикладной задачи является применение методов математического моделирования.

Множество факторов в слабо структурированных системах в области охраны труда в производственных условиях образует сложную «паутину» связей между состояниями, которые изменяются во времени в зависимости от структуры системы и факторов внутреннего и внешнего окружения. Развитие процессов в такой многофакторной системе часто удается представить только в форме качественных моделей. Вместе с тем, применение цепей Маркова позволяет перейти к количественным оценкам хода и результатов деятельности. При моделировании систем отображение структуры взаимодействия элементов процессов выполняется с помощью ориентированного взвешенного графа, в котором:

- вершины соответствуют базисным факторам (состояниям) системы;
- непосредственные связи между состояниями отображают причинно-следственные цепочки, по которым распространяются воздействия (коммуникации).

Цепи Маркова описывают случайные процессы, которые удовлетворяют свойству Маркова и принимают конечное или счетное число состояний. Существуют цепи Маркова с дискретным и непрерывным временем. В данной работе рассматривается дискретный случай.

Разработанный способ оценки действенности проектного управления может использоваться как для ИОТ, так и для других должностных обязанностей. Основные направления дальнейших исследований связаны с определением зависимостей переходных вероятностей марковской модели от конкретных структурных и параметрических факторов системы, что позволит с большей достоверностью прогнозировать действенность проектного управления.

А. А. Верещака, А. С. Верещака, Москва, Россия,
А. Д. Батако, Ливерпуль, Великобритания,
О. Х. Хожаев, Ургенч, Узбекистан

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МНОГОСЛОЙНО КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ БЕЗВОЛЬФРАМОВЫХ ТВЁРДЫХ СПЛАВОВ С РАСШИРЕННОЙ ОБЛАСТЬЮ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Основным инструментальным материалом, используемым в современных металлообрабатывающих производствах, является твёрдый сплав. Следует отметить, что широкое применение стандартных твёрдых сплавов, содержащих дефицитные и дорогостоящие элементы типа W, Ta, Nb, Co и др., существенно увеличивает производственные расходы, что стимулировало появление ещё одной группы твёрдых сплавов, не содержащих указанные элементы и получивших наименование «безвольфрамовые твердые сплавы» (БВТС или керметы). Однако по своим свойствам и областям технологического применения БВТС существенно уступают соответствующим свойствам вольфрамосодержащих сплавов. В этой связи совершенствование свойств безвольфрамовых твёрдых сплавов и расширение области их технологического применения является важной научно-практической задачей современных металлообрабатывающих производств. По оценкам ведущих экспертов широкое применение инструмента из БВТС, не содержащего в своём составе дефицитных компонентов типа W, Ta, Nb, Co и др., в технологиях лезвийной формообразующей обработки будущего приведёт к значительным экономическим и экологическим эффектам. Имеется ряд исследований, показывающих эффективность использования износостойких покрытий на инструментах из БВТС. В частности, исследовалась эффективность покрытий, осаждённых методом PVD – TiAlN, TiN, TiC, TiCN и Al₂O₃, также исследовались различные механические и эксплуатационные свойства покрытия TiN, осаждённого методом PACVD. Исследования проводились с целью определения адгезии покрытия, остаточных напряжений и стойкости. Испытания, проведённые для торцевого фрезерования, показали существенное увеличение износостойкости инструмента из БВТС с осаждённым покрытием.

Кроме этого, бинарные и тройные покрытия на основе титана, нанесённые на различные субстраты из БВТС методом PVD, испытывались при прерывистом резании закалённых, цементированных и аустенитных сталей. Покрытия (Ti,Zr)N и Ti(C,N), нанесённые методом PVD, существенно повышают стойкость инструмента из БВТС. Исследованиями также

показано, что теплопроводность БВТС имеет большое значение, особенно при прерывистом резании.

Исследовались также покрытия TiN – монослойные, а также – градиентные (Ti, Al, Si)N - TiN и TiN с многослойной композицией (Ti, Al, Si)N + TiN, осаждённые методом САЕ (вариант метода PVD).

Результаты непрерывного точения стали С45Е показали значительное повышение стойкости пластин из БВТС с покрытием по сравнению с непокрытыми. Последние исследования указывают на возможность использования БВТС наравне с традиционными вольфрамодержащими твёрдыми сплавами, а в некоторых случаях – наблюдается даже превосходство БВТС над сплавами с карбидом вольфрама.

В частности, инструмент из БВТС на основе Ti (C, N) при черновом точении может иметь более высокую стойкость и более низкий износ по передней поверхности, чем инструмент из традиционного твёрдого сплава на основе WC-Co с покрытием.

Ранее исследовались покрытия Ti-TiN-(TiAlCr)N, Ti-TiN-(TiZrCr)N и Ti-TiN, позволяющие повысить стойкость инструмента из БВТС в 2.5-4 раза, и в 3-4 раза, соответственно, по отношению к инструменту без покрытия и с коммерческими покрытиями.

Настоящие исследования посвящены разработке методики нанесения покрытий на инструменты из БВТС с целью повышения их режущих свойств и расширения области технологического применения. Для нанесения покрытий на субстраты из БВТС использовали инновационные процессы фильтруемого катодно-вакуумно-дугового осаждения (ФКВДО), позволяющие формировать покрытия многослойно-композиционного типа с наноразмерной структурой. Применение покрытий такого типа позволяет не только повысить сопротивляемость инструмента из БВТС изнашиванию при воздействии высоких термомеханических напряжений, характерных для высокоскоростных процессов сухого резания, но и значительно расширить область применения инструмента, а также улучшить экологические показатели обработки.

Разработка инструмента из БВТС с наноструктурированными многослойно-композиционными покрытиями (НМКП) является актуальным научным направлением «инжиниринга» композиционных материалов с оптимальным сочетанием поверхностных и «объёмных» свойств в едином геометрическом теле изделия. Следует отметить, что, несмотря на достаточно большой объем поисковых исследований по разработке БВТС в ряде технологически развитых стран, разработка композиционных материалов на основе слоистого композита, включающего субстрат из БВТС и НМКП, практически не осуществляется.

Объектом исследований в представленной работе служили сменные многогранные пластины (СМП), в которых рационально сочетали свойства

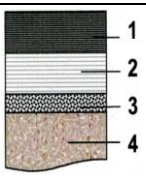
БВТС (достаточная прочность и вязкость), и многокомпонентное функциональное покрытие с многослойно-композиционной архитектурой и наноструктурой (благоприятная трансформация контактных процессов при резании, «залечивание» поверхностных дефектов).

В экспериментах использовали достаточно прочные субстраты из БВТС на основе систем TiC-Ni/Mo и TiCN-Ni/Mo с содержанием связи Ni/Mo свыше 10% (объем), что позволяло придать композиту «БВТС – НМКП» прочностные свойства, близкие к соответствующим показателям достаточно прочных марок твёрдых сплавов ($\sigma_{и} \cong 1350 - 1400$ МПа). Формирование поверхностных слоёв в виде НМКП на основе наноструктурированной композиционно-многослойной архитектуры позволило существенно повысить износостойкость и эксплуатационную надёжность инструмента из БВТС в целом. Кроме того, комбинированное воздействие на поверхность БВТС среднеэнергетическими ионами метало-газовой плазмы с последующим синтезом ионно-плазменных НМКП на основе композиций различных соединений тугоплавких переходных металлов позволяло «залечивать» наиболее опасные поверхностные дефекты субстрата из БВТС, формируемые в процессе его изготовления (субмикротрещины, несплошности, субмикро - и микропоры, поверхностные области с растягивающими остаточными напряжениями и т.д.). Формирование НМКП на субстратах из БВТС производили при использовании стандартных физических процессов arc-PVD или MeVVA (Metal Vapor Vacuum Arc), а также инновационной разновидности процессов arc-PVD, которые получила наименование «фильтруемое катодно-вакуумно-дуговое осаждение» (ФКВДО) покрытий [10-15]. Процессы ФКВДО реализовывали на вакуумно-дуговой установке ВИТ-2.

В настоящее время процессы MeVVA-КИБ широко используются ведущими производителями режущего инструмента из-за высокой надёжности, универсальности, возможности получения покрытий практически любой архитектуры, состава, структуры с обеспечением экологической чистоты процессов в сравнении с методами и процессами химического осаждения покрытий (методы CVD).

При анализе функциональной роли покрытия на контактных площадках режущего инструмента из БВТС использовали концептуальное положение о двойственной природе покрытия, как некоторой «промежуточной технологической среды» (ПТС) между инструментальным и обрабатываемым материалами. Принятое положение предопределяет роль покрытия на рабочих поверхностях инструмента из БВТС. Покрытие, с одной стороны, должно направленно улучшить такие важные свойства инструментального материала, как физико-химическая инертность (склонность к адгезии) по отношению к обрабатываемому материалу, износостойкость (твёрдость, теплопроводность, теплостойкость и др.), с

другой – должно благоприятно влиять на контактные процессы (длину контакта «стружка-БВТС», контактные напряжения, температурные поля и т.д.) и параметры резания, определяющие интенсивность изнашивания режущего инструмента. В этом случае покрытие должно иметь многослойную архитектуру для полного соответствия требованиям как ПТС. На основе роли покрытия, как ПТС, была сформулирована концепция трехкомпонентного покрытия с нанструктурированной многослойно-композиционной структурой (НМКП) для осаждения на режущие инструменты из БВТС (таблица).

Архитектура	Характеристика	Назначение
	<p>1 – наружный слой с наноразмерными субслоями; примеры: Ti, AlN, (TiCrAl)N, (ZrCrAl)N, (TiCrAlSi)N.</p> <p>2 – промежуточный слой с наноразмерными субслоями; примеры: TiN, TiN/AlN, ZrN, CrN, Al₂O₃.</p> <p>3 – адгезионный подслой; примеры: Ti, Zr, Cr, TiN, CrN.</p> <p>4 – субстрат из БВТС (КНТ-16).</p>	<p>1. Повышение износостойкости субстрата из БВТС, снижение физико-химической и адгезионной активности БВТС, управление контактными процессами.</p> <p>2. Обеспечение адгезии между слоями 1 и 3, барьерные функции (относительно диффузии, тепловых потоков и др.).</p> <p>3. Обеспечение высокой адгезионной прочности между слоем 3 и субстратом (слой 4).</p>

Выбор химического состава износостойкого слоя НМКП производили исходя из принятого допущения о том, что основным механизмом изнашивания режущего инструмента из БВТС является адгезионно-усталостное изнашивание. Исходя из принятой модели изнашивания инструмента из БВТС, максимальное снижение адгезионно-усталостного изнашивания режущего инструмента обеспечивается при минимуме теряемой массы материала инструмента.

Особенности формирования НМКП из БВТС были связаны с низкой теплопроводностью и относительно невысокой теплоёмкостью в сравнении со стандартными вольфрамсодержащими твёрдыми сплавами. В этой связи ионную очистку (бомбардировку) и термоактивацию (ионами) СМП из БВТС проводили при импульсной подаче напряжения смещения U_c , что позволяло производить термоактивацию при относительно медленном нагреве субстрата без риска формирования термотрещин в поверхности СМП. Температура термоактивации составляла 600-650 °С.

Процесс осаждения НМКП осуществляли при оптимальном сочетании основных параметров процесса ФКВДО на вакуумно-дуговой установке ВИТ-2. Обеспечивали также оптимальное значение частот вращения

рабочего стола установки (до 1,0-10 об/мин) и частот вращения технологической оснастки с СМП, что позволяло осуществлять равномерное формирование наноразмерных толщин субслоев износостойкого, промежуточного и адгезионного слоёв, а также нанодисперсной структуры НМКП.

Анализ условий получения НМКП при использовании процессов ФКВДО во взаимосвязи с их параметрами и свойствами позволил установить, что содержание азота в нитриде тугоплавкого соединения и соотношение «азот-металл» в формируемых слоях НМКП определяется давлением реакционного газа (азота) p_N , энергией ионов W_i . Последняя сильно зависит от напряжения смещения на субстрате U_C и тока дуги I_A при испарении катода (Ti, Zr, Cr, Al и др.). Поэтому параметры процесса синтеза адгезионного (3), промежуточного (2) и износостойкого (1) слоёв НМКП оказывают сильное влияние на их структуру, фазовый состав, параметр кристаллической решётки, структурные и геометрические дефекты, эксплуатационные свойства НМКП в целом.

Для проведения исследований были выбраны четыре типа многослойно-композиционных покрытий: Ti-TiN-(TiAl)N; Zr-ZrN-(ZrCrAl)N, Ti-(TiAl)N-(TiCrAlSi)N и Ti-TiAlN-(TiZrAlSi)N. После размещения твердосплавных СМП в камере установки проводили вакуумизацию камеры до давления 0,01 Па. Плазменную очистку рабочих поверхностей СМП проводили ионами Ag при увеличении давления от 1,5 до 2,5 Па. Затем осуществляли окончательную очистку и термоактивацию СМП в несамостоятельном газовом разряде (ГР) при давлении 0,5 Па и максимальном напряжении смещения 1 кВт.

Режимы нанесения покрытия $I_{Ti} = 80$ А; $I_{Cr} = 70$ А; $I_{Al} = 160$ А; $U_C = 160$ В; $p_N = 0,5$ Па.

Исследовали следующие характеристики получаемых покрытий: толщину (метод “Calotest”, прибор Fischer Sindelfingen), адгезионную прочность по отношению к материалу субстрата (метод “Scratchtest”, прибор Csem Revetest), нанотвердость и модуль E_1 (метод “NanoTest”, прибор Micromaterials Ltd.Wrexham). Исследования на наноиндентометре проводили с использованием индентора Berkovich по стандартной методике. Для каждого образца из твердого сплава с полученным покрытием исследование нанотвердости проводили при 25 измерениях на площади 100 x 100 мкм².

Предварительные аттестационные испытания инструмента с СМП из КНТ-16 с несколькими вариантами наноструктурированных многослойно-композиционных покрытий показали, что более высокие результаты по стойкости были получены для покрытия Ti-(TiAl)N-(TiCrAlSi)N, поэтому основные исследования функциональных параметров резания были проведены при использовании инструмента с этим покрытием.

Используемое при проведении экспериментальных исследований покрытие Ti-(TiAl)N-(TiCrAlSi)N имело следующие значения основных параметров: микротвёрдость $HV_{0,05}=3,2$ ГПа; прочность адгезии с субстратом - $P_{кр}=120$ Н; общая толщина покрытия 3,9 мкм; размеры зёрен всех компонентов покрытия 10-12 нм; толщина субслоёв (наружного и промежуточного слоёв) 20-25 нм. Дальнейшие исследования проводили только для СМП из КНТ-16 с разработанными НМКП, формируемыми при использовании технологии ФКВДО.

Результаты металлографических исследований микроструктуры покрытий на поперечном шлифе фиксировали при увеличении $\times 50000$.

Стоит обратить внимание на тот факт, что в процессе осаждения покрытия необходимо постоянно поддерживать достаточную температуру субстрата, что особенно важно при переходе от одного функционального слоя к другому. В частности, при переходе от промежуточного слоя к наружному износостойкому слою, производится дополнительная активация поверхности потоком металлической плазмы, что приводит к формированию дополнительного промежуточного слоя толщиной 10-30 нм, что подтверждается микроскопической визуализацией.

При проведении исследований режущих свойств инструмента из БВТС с покрытием использовали режущий инструмент с механическим креплением СМП из БВТС КНТ-16 (P10-P20 ISO) квадратной формы, с размерами $12,7 \times 12,7 \times 4,75$ мм (SNUN — ISO 03111 0363, ГОСТ 19042-80). Используемые инструменты имели следующие значения геометрических параметров режущей части: $\gamma = -8^\circ$; $\alpha_z = 6^\circ$; $\phi = \phi_1 = 45^\circ$; $\lambda = 0$; $r = 0,8$ мм.

В качестве обрабатываемого материала использовали стали 45, ХВГ, а также жаропрочный сплав на основе хрома – Х65НВФТ (область применения – S05-S10 ISO).

Режущие свойства инструмента исследовали на универсальном токарном станке 16К20 с тиристорным приводом, обеспечивающим бесступенчатое регулирование частоты вращения шпинделя станка и, таким образом, поддержание заданной скорости резания при различных диаметрах заготовки. Параметры режимов резания:

- получистовая обработка сталей: $t = 1,0$ мм, $s = 0,3$ мм/об, $v = 250-350$ м/мин;

- получистовая обработка жаропрочного сплава: $t = 1,0$ мм, $s = 0,1$ мм/об; $v = 20-40$ м/мин.

Критерием отказа инструмента служила величина фаски изнашивания задней поверхности $h_3 = 0,3-0,35$ мм. Измерение износа h_3 проводили на инструментальном микроскопе МБС-10.

Разработанная методика рационального выбора функций и компонентных параметров архитектуры многослойно-композиционных нанодисперсных покрытий, формируемых при использовании процессов

фільтруемого катодно-вакуумно-дугового осадження для інструментів із безвольфрамових твёрдих сплавів, дозволила суттєво підвищити режущі властивості такого інструмента при різанні конструкційних сталей і жаропрочних сплавів.

Проведені дослідження підтвердили можливість підвищення режущих властивостей інструмента із безвольфрамових твердих сплавів шляхом управління контактними процесами при використанні наноструктурованих многослойно-композиційних покриттів оптимального складу і властивостей, при чистовій і получистовій обробці сталей і труднооброблюваних сплавів на хромовій основі, що свідчить про можливість розширення області технологічного застосування інструмента із БВТС.

При продольном точении стали ХВГ с твёрдостью 58-60 HRC режущий інструмент, оснащений пластинами із КНТ-16 с розробленим НМКП Ti-TiN/AlN-(TiCrAlSi)N оптимального складу, забезпечує підвищення ефективності обробки по площині з'єму металу з поверхні заготовки до 2–2,5 раз по порівнянню з роботою інструментом без покриття.

Показано, що інструмент із БВТС гірше спротивляється «вырыву» карбидних зёрен із зв'язки сплаву, ніж їх изнашиванию, а відомий «провал» міцності зв'язки в БВТС при збільшенні температури при різанні може бути однією із причин переходу до інтенсивного изнашиванию, при цьому згладжені карбіди або карбонітриди титану, дуже нерівномірно розподілені по поверхні изнашивания, додатково знижують спротивлення изнашиванию. В цій зв'язі нанесення многослойно-композиційних наноструктурованих покриттів, що знижують схильність до адгезії і потужність фрикційних джерел тепла, в значительній ступені нивелює органічні недоліки стандартних БВТС і дозволяє підвищити їх износоустойчивость.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 25-41.

Ю. Н. Внуков, А. И. Гермашев, С. И. Дядя, Е. Б. Козлова
Запорожье, Украина

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ КОНТАКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА С ТОНКОСТЕННОЙ ДЕТАЛЬЮ ПРИ ЕЕ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Тонкостенные элементы монолитных деталей, используемых в авиадвигателестроении, в большинстве случаев получают путем концевой

фрезерування на станках з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Удалення припуску відбувається з ризиком попадання деталі в нестабільні вібраційні умови обробки, в яких погіршується шорсткотість і порушується розмірна точність. Одночасно це втягує за собою зниження стійкості інструмента і веде до преждевременного изнашивания шпиндельного вузла станка. На фінішних операціях, де зняття припуску здійснюється з малими радіальними і осевими глибинами, завжди спостерігається кратковременна втрата контакту інструмента з деталлю в процесі срезання припуску.

Для забезпечення стабільних умов різання і необхідних параметрів якості обробленої поверхні необхідно мінімізувати коливання тонкостінної деталі шляхом використання різних технологічних прийомів. В даний час сучасні датчики, можливість оцифровки сигналу і запам'ятовування неограничених інформаційних об'ємів за допомогою ІТ технологій дозволяють з високою точністю виробляти вимірювання відхилень і вібрацій деталі (інструмента) в процесі механічної обробки. Однак безпосереднє визначення умов контактування зуба фрези з деталлю в зоні різання є більш складною задачею, хоча за своєю значимістю для забезпечення стабільних умов срезання припуску вона є більш важливою.

Авторами розроблена методика дослідження умов контактування інструмента з деталлю при кінцевому циліндричному фрезеруванні тонкостінних деталей і пристрій для її реалізації. Оцінка досліджуваних параметрів здійснюється в процесі всієї обробки, тобто аналізується різання кожним зубом фрези. Методика дозволяє визначати:

- відхилення деталі від положення її рівноваги в момент початку різання в точці врезання фрези;
- час проходження дуги контакту;
- час різання;
- коефіцієнт фактичного різання;
- максимальне відхилення деталі від положення рівноваги;
- максимальне відхилення деталі від положення рівноваги при різанні;
- положення деталі в момент виходу зуба фрези з зацеплення з припуском в точці виходу фрези.

Визначення даних параметрів дозволяє розширити представлення об умових контактування в зоні різання і особливостях срезання припуску при кінцевому фрезеруванні тонкостінних деталей.

Ю. Н. Внуков, А. И. Гермашев, С. И. Дядя, Е. Б. Козлова, П. А. Каморкин
Запорожье, Украина

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ АВТОКОЛЕБАНИЙ ТОНКОСТЕННОЙ ДЕТАЛИ ПРИ ЕЕ КОНЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Создание многокоординатных фрезерных станков с одновременным CNC управлением скоростью и направлением движения обрабатываемой детали и инструмента поставили новые задачи перед технологами.

Появились возможности с одной установкой детали обрабатывать сложные поверхности ее элементов, которые могут быть тонкостенными.

В авиадвигателестроении такими деталями являются моноколеса компрессора с тонкостенными элементами - лопатками. К лопаткам предъявляются высокие требования по шероховатости и точности окончательных размеров, однако недостаточная жесткость приводит к появлению вибраций при их окончательной обработке концевым фрезерованием. Установлено, что вид колебаний тонкостенных деталей в процессе фрезерования в каждый момент времени может быть различным. Во время врезания и выхода каждого очередного зуба фрезы в припуск деталь отклоняется от положения равновесия в результате вынужденных колебаний с «зубчатой» частотой, зависящей от скорости вращения фрезы и количества зубьев. В определенном скоростном диапазоне вращения инструмента на вынужденные отклонения детали дополнительно накладываются регенеративные автоколебания, связанные с резанием по волнистому следу на поверхности резания, оставленному предыдущим зубом фрезы. Частота этих автоколебаний значительно выше, чем «зубчатая» частота и зависит в основном от динамических характеристик упругих систем тонкостенной детали и концевой фрезы, а также условий контакта зуба фрезы и детали в период их зацепления при срезании припуска. Особенностью концевого фрезерования тонкостенных деталей является тот факт, что из-за малых величин радиальной и осевой глубин резания по сравнению с размерами диаметра фрезы, в резании участвует всегда только один зуб, поэтому в период холостого хода, когда предыдущий зуб фрезы уже вышел из зацепления с припуском, а последующий еще не вошел, тонкостенная деталь совершает свободные затухающие колебания с частотой собственных колебаний.

Таким образом, при концевом фрезерровании тонкостенной детали она может быть в состоянии возбуждения вынужденными колебаниями, вынужденными колебаниями с наложением автоколебаний и совершать свободные затухающие колебания.

Формирование шероховатости обработанной поверхности при цилиндрическом фрезеровании происходит в зоне профилирования, которая

является частью поверхности резания, оставшейся на обработанной поверхности в результате последовательного срезания припуска зубьями фрезы. Известно, что в скоростной зоне возбуждения регенеративных автоколебаний, связанных с появлением волнистости на поверхности резания шероховатость резко ухудшается шероховатость. Таким образом, существует прямая связь между возникновением автоколебаний в тонкостенной детали при ее фрезеровании и шероховатостью обработанной поверхности.

Авторами разработана оригинальная методика измерения всех видов колебаний, возбуждаемых в тонкостенной детали при ее концевом фрезеровании. Измерительный стенд содержит две системы измерения. Первая контролирует отклонение тонкостенной пластины при помощи датчика перемещений, а вторая – наличие электрического контакта между деталью и фрезой во время ее обработки. Для этого измерительный стенд изолируют от стола фрезерного станка, а к вращающейся фрезе подведен контакт токосъемника. Сигналы отклонения детали во времени (осциллограмма) и наличие контакта между деталью и инструментом синхронизированы и могут быть записаны после оцифровки.

Базовый фрагмент осциллограммы (БФО) отображает колебания детали между врезанием двух соседних зубьев. БФО позволяет полностью определять условия возбуждения детали, начиная с момента врезания зуба, ее отклонения под действием силы резания и появления автоколебаний в период резания до выхода зуба из зацепления со срезаемым припуском. Врезание зуба и его выход из зацепления на БФО определяют по наличию электрического контакта между деталью и инструментом.

Целью исследования является разработка методики оценки уровня интенсивности автоколебаний, возникающих в тонкостенной детали при ее концевом фрезеровании. Умение точно оценивать величину интенсивности возникающих автоколебаний позволяет проводить разработку различных технологических приемов подавления этого вида вибраций. Наиболее эффективными технологическими приемами подавления автоколебаний являются:

- Увеличение жесткости путем применения специальных сред, окружающих тонкостенную деталь.
- Применение новых конструкций инструментов с переменной геометрией.
- Использование режимов фрезерования с модулированием скоростью главного движения и др.

Условия проведения исследований.

а). Оборудование – универсально фрезерный станок модели FWD-32J.

б). Инструмент – концевая 3-х зубая фреза CANELA D20 Z3 со сменными пластинами из твердого сплава АРКТ100305PDER JC8050 фирмы DiJet. В эксперименте устанавливался 1 режущий зуб. Вместо двух других

зубьев устанавливали равные по весу свинцовые грузики, обеспечивающие балансировку фрезы. Геометрия режущего зуба: $\gamma=6^\circ$, $\alpha=11^\circ$, $\lambda=-10^\circ$. Вылет фрезы $\varnothing 20$ мм составлял $L_{фр}=36$ мм, жесткость фрезы $j_{фр}=17888$ Н/мм, частота собственных колебаний $f_{фр}=781$ Гц, декремент затухания $\delta_{фр}=0,72$.

в). Образец из обрабатываемого материала размером 50x20x2 (Ст3кп ГОСТ 380-2005).

г). Упругая система тонкостенной детали (УС). Пластина с размерами вылета $L=80$ мм, $B=60$ мм, $h=4$ мм. Материал Сталь 65Г (HRC 60). Вместе с закрепленным обрабатываемым образцом УС детали имеет следующие характеристики: жесткость детали $j_{дет}=228$ Н/мм, частота собственных колебаний $f_{дет}=364$ Гц, декремент затухания $\delta_{дет}=0,091$.

д). Режимы фрезерования:

- скорость вращения шпинделя от $n=224$ до 1800 об/мин;
- продольная подача стола от $S_{мин}=11,2$ до 90 мм/об;
- подача на зуб $S_z=0,05$ мм/зуб;
- осевая глубина $a_p=2$ мм;
- радиальная глубина $a_e=0,5$ мм;
- направление подачи – встречное и попутное;
- условие резания – свободное, косоугольное.

В результате проведенных исследований показано, что использование БФО для оценки вибрационных явлений, возникающих в тонкостенной детали, является статистически надежным источником информации, а интенсивность автоколебаний в зоне профилирования однозначно определяет уровень шероховатости обработанной поверхности, независимо от направления подачи.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 3-13.

Ю. Н. Внуков, Н. В. Гончар, Д. Н. Степанов, Запорожье, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ И ПЛАВЛЕНИЯ ВОЛОКОН РАЗЛИЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Финишная обработка деталей машин, особенно сложнопрофильных и тонкостенных, является трудоемким и в то же время ответственным процессом из-за труднодоступности и минимизации силового воздействия на поверхности. В связи с этим выбор инструментов и методов финишной обработки имеет большое значение в том числе и с точки зрения обеспечения высокой производительности и качества. С поставленной задачей справляются нежесткие виды инструментов типа проволочных

металлических щеток, а также относительно недавно появившиеся на рынке инструментов полимерно-абразивные щетки, которые показали ряд преимуществ при финишной обработке. Однако они имеют одно ограничение, которое необходимо учитывать при их дальнейшем использовании.

Применение полимерно-абразивных (ПА) волокон, собранных в виде щетки вращательного действия, позволяет удалять заусенцы и скруглять острые кромки, полученные на формообразующих операциях, таких как протягивание, фрезерование, сверление, а также полировать плоские поверхности без съема значительных слоев материала и практически без силового воздействия.

Температурный режим обработки является одним из факторов, влияющим на работоспособность, период стойкости, режущие свойства полимерно-абразивного инструмента. Существует аналитическая методика расчета теплового состояния плоских поверхностей при обработке ПА инструментом, учитывающая физико-механические и теплофизические условия обработки, режимы резания, геометрические размеры обрабатываемых деталей. Тем не менее, к настоящему времени не проводилась практическая реализация измерений теплового воздействия на отдельно взятое волокно и его состояние в месте воздействия повышенных контактных температур в период размягчения (стеклования) и плавления с целью установления его взаимосвязи с предельной температурой в рабочей зоне для определения допустимых параметров и режимов эксплуатации инструмента. Контактная температура оказывает наибольшее влияние на износ и термомеханическую деструкцию режущей части ПА волокон. Информация о величине и характере изменения температуры волокон послужит в дальнейшем основой для осуществления рационального выбора инструмента и охлаждения, подбора режимов процесса с целью минимизации теплового воздействия на поверхность изделия и рабочую поверхность инструмента для максимальной стойкости, и обеспечения требуемого качества изделий. Поэтому задача практического анализа тепловых ограничений, обеспечивающая дальнейшую возможность выбора рациональных режимов и параметров обработки полимерно-абразивными инструментами, является актуальной.

Возможности представленной в работе экспериментальной измерительной установки позволяют ее применять:

- для мониторинга температур размягчения и/или плавления волокон различного сечения из разных материалов для дальнейшего использования полученных данных при выборе режимов и условий обработки такими инструментами с целью обеспечения в рабочей зоне определенного диапазона температур;

- для дослідження стану матеріалу волокон в умовах підвищених температур при підборі визначеного хімічного складу і фракції волокон для нових, більш термостійких інструментів.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 42-47.*

Ю. Н. Внуков, Е. Б. Козлова, Э. В. Кондратюк, Запорожье, Украина

КОНСТРУИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ РЕЗАНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ИНСТРУМЕНТОМ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Совершенствование современных составов и конструкций вакуумно-плазменных пленочных покрытий ведут путем разработки композиционных или многослойных покрытий с целью получения комплекса их характеристик, превышающих свойства однослойного покрытия.

Возможности вакуумно-плазменных технологий осаждения различных покрытий очень широки, поэтому целесообразно определить важнейшие эксплуатационные свойства различных монопленок, нанесенных на инструментальную подложку из быстрорежущей стали, на основании которых можно конструировать многослойные или композиционные покрытия.

В работе представлены методы оценки основных эксплуатационных свойств покрытий: толщины, микротвердости, прочности сцепления с подложкой (инструментальным материалом), оценки износостойкости покрытия в условиях резания.

Исследовались свойства нитридных и карбидных покрытий переходных металлов IV-VI групп, измеренные по описанным методикам. Покрытия толщиной 5 мкм наносили на подложку из быстрорежущей стали Р6М5 в вакуумно-плазменной установке Булат-3У.

Анализ экспериментальных результатов показывает, что нитриды переходных металлов в большей мере, чем карбиды отвечают требованиям, предъявляемым к свойствам покрытий по следующим причинам:

1. Из-за более высокой микротвердости карбидных покрытий они проявляют большую склонность к разрушению, чем нитридные при пластическом деформировании инструментальной подложки в условиях измерения ее твердости по шкале HRC.

2. Нитридные пленки имеют более высокую прочность сцепления с инструментальной основой по сравнению с карбидами. А нитрид циркония из всех исследованных соединений обладает наиболее высокой критической нагрузкой разрушения, $P_{кр}=130$ Н.

3. Более низкое схватывание $K_{адг}$ по отношению к Стали 45 также приходится в основном на нитриды. Аномально низкое схватывание со Сталью 45 получено при трении нитридом ниобия и карбидом молибдена. Однако, существенного повышения износостойкости в процессе резания инструментом с покрытием из карбида молибдена не получено, вследствие его низкой термической устойчивости.

4. Высокими свойствами по износостойкости обладают покрытия TiN, ZrN и NbN, поэтому на их основе были нанесены и испытаны различные многокомпонентные покрытия.

Максимальной износостойкостью при резании Стали 45 обладает покрытие ZrN-TiN-NbN, у которого нижний слой выполнен из нитрида циркония, обладающего высокой прочностью сцепления с инструментом, а верхний слой, имеет самое низкое схватывание с обрабатываемым материалом, состоит из нитрида ниобия. Лучший результат показывает покрытие, если между нижним слоем ZrN и верхним – NbN расположен нитрид титана TiN, характеризующийся полной взаимной растворимостью с этими нитридами.

Лабораторные и промышленные испытания метчиков, сверл, долбьков, а также холодно- и горячевысодочных пуансонов с многослойным покрытием ZrN-TiN-NbN при обработке изделий из железоуглеродистых материалов показали повышение стойкости в 1,5 и выше раз по сравнению с однослойным покрытием из нитрида титана – TiN и многократное повышение стойкости по сравнению с инструментом без покрытия.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 114-127.*

Ю. Н. Внуков, Е. Б. Козлова, Э. В. Кондратюк, Запорожье, Украина

О ВЛИЯНИИ PVD ПОКРЫТИЙ НА УСЛОВИЯ РЕЗАНИЯ, ИЗНОС И СТОЙКОСТЬ ИНСТРУМЕНТА

В работе описана взаимосвязь контактных характеристик и параметров стружкообразования при резании. Показано влияние PVD покрытия на основные характеристики процесса резания, износ и стойкость инструмента при обработке конструкционных железоуглеродистых, нержавеющей сталей, жаропрочного сплава на никелевой основе.

В результате проведенных исследований механизм повышения стойкости инструмента с покрытием при точении железоуглеродистых материалов можно описать на основании принципиальной схемы износа инструмента с покрытием (рис. 1) следующим образом:

1. При первом контакте стружки ($\tau \leq 0,5$ мин) с передней поверхностью, у инструмента с покрытием, за счет снижения адгезионного схватывания, уменьшается длина контакта – C , увеличивается угол условной плоскости сдвига β_1 и в связи с этим снижается усадка стружки и сила стружкообразования R . Однако, средние контактные давления – q_n увеличиваются, т.к. сокращение площади контакта за счет уменьшения длины контакта происходит в большей степени, чем снижение составляющих силы резания P_1 и P_2 .

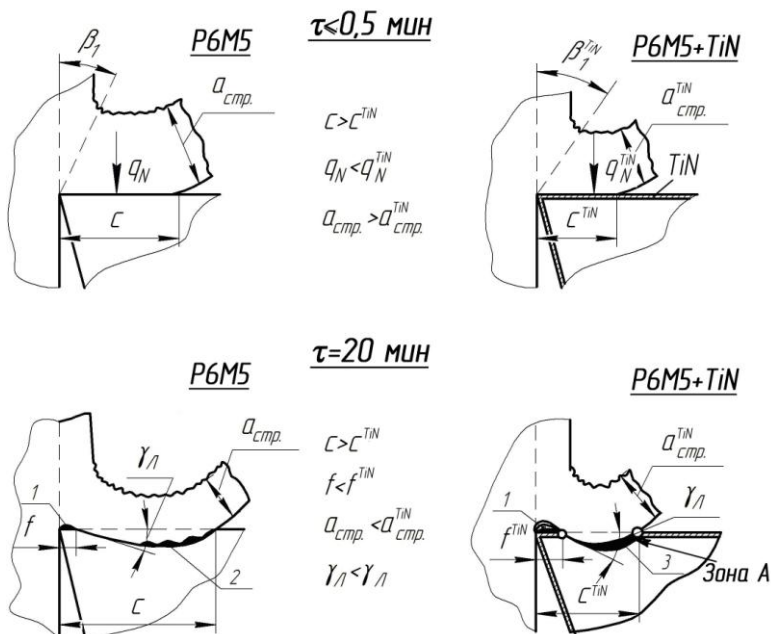


Рисунок 1 – Принципиальная схема изнашивания инструмента с покрытием при точении железоуглеродистых материалов:

1 – застойная зона у режущей кромки; 2 – неустойчивые налипсы в лунке износа; 3 – заторможенный слой обрабатываемого материала.

2. Через 0,5–2 мин. работы инструмента происходит прорыв (разрушение) покрытия в месте, начала формирования лунки и стружка начинает контактировать с материалом инструмента. Однако, условия контактного трения в лунке в этом случае отличаются от условий контактирования стружки с инструментом без покрытия более высокими значениями средних контактных давлений q_n .

3. При повышении среднего контактного давления наблюдается полное заторможение контактного слоя стружки, а граница, определяющая ее движение, поднимается выше гребешков микронеровностей инструментального материала, т.е. реализуется пластический сдвиг в материале стружки.

4. Образовавшийся заторможенный слой у инструмента с покрытием плотно прилегает к задней стороне лунки. В этом случае обеспечивается внутреннее трение в материале сходящей стружки.

У инструмента без покрытия задняя стенка лунки свободная от заторможенного слоя, хотя на дне лунки возникают островковые налипсы, которые меняют свою конфигурацию, и место расположения во времени, подтверждая их неустойчивость.

Таким образом, устойчивый заторможенный слой обрабатываемого материала, сформировавшийся у инструмента с покрытием, предохраняет заднюю стенку лунки от контакта со сходящей стружкой и отодвигает источники тепловыделения от ее поверхности.

5. Покрытие проявляет свои износостойкие свойства в зоне отрыва стружки от передней поверхности на выходе из лунки (Зона А), сдерживает рост ее ширины. Это позволяет длительное время сохранять высокое нормальное давление стружки и обеспечить устойчивость заторможенных слоев на задней стороне лунки.

6. Возможность более длительное время сохранять меньшие размеры лунки, позволяет обеспечивать такие условия обтекания стружкой вершины режущего клина, которые способствуют формированию наиболее рациональной формы застойной зоны на полочке у режущей кромки, предохраняющей от износа заднюю поверхность (рис. 2).

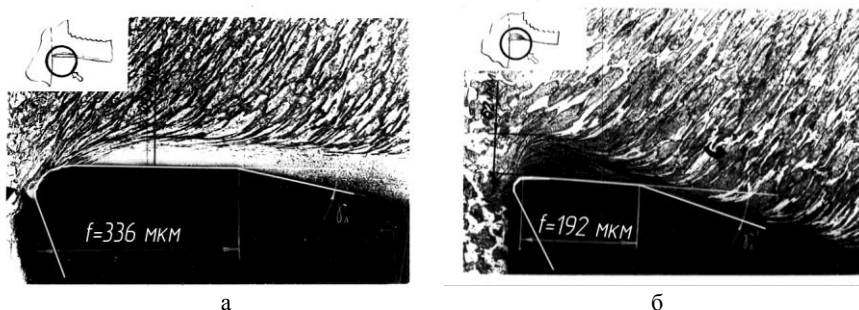


Рисунок 2 – Условия кинематического заторможения (форма застойной зоны) обрабатываемого материала на полочке у вершины резца при точении Стали 45: а – P6M5, б – P6M5+TiN. $v = 0,67$ м/с, $s = 0,43$ мм/об; $t = 1,4$ мм; $\tau = 5$ мин, без СОЖ.

7. Увеличение размеров лунки в сторону выхода стружки изменяет условия обтекания вершины режущего клина стружкой и ведет к уменьшению зоны застоя на полочке и износу полочки, что способствует повышению износа задней поверхности и выходу инструмента из строя.

К сожалению выше описанный механизм повышения стойкости инструментов с покрытиями не реализуется при резании труднообрабатываемых материалов, особенно инструментом из быстрорежущей стали. Покрытие разрушается в первый момент контакта со стружкой, не оказывая заметного влияния на повышение износостойкости. Разрушение покрытия связано со значительным до 4-х раз выше по сравнению с железоуглеродистыми материалами, контактными нагрузками и характерной для этих материалов неустойчивостью пластического течения в зонах контактного трения (рис. 3).

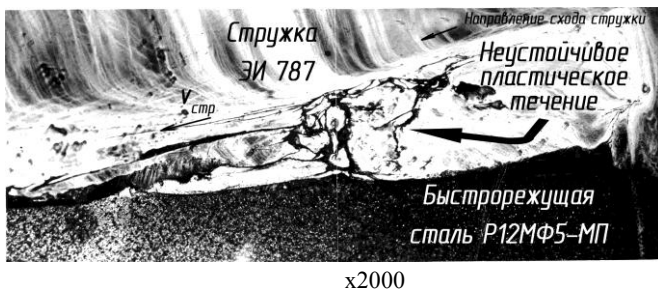


Рисунок 3 – Вид контактного взаимодействия стружки и передней поверхности инструмента при точении сплава ЭИ787:
 $v = 0,033$ м/с; $s = 0,3$ мм/об; $t = 1,5$ мм.

Износ на передней поверхности происходит без образования лунки и полочки у режущей кромки и устойчивых заторможенных зон, установленных для железоуглеродистых материалов.

При точении титановых, а также жаропрочных сплавов ЭИ787 и ЭИ437 (ХН77ТЮР) в широком диапазоне изменения режимов и условий резания инструментом из быстрорежущей стали с различными покрытиями, существенного эффекта не установлено.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 86-113.*

Ю. Н. Внуков, М. В. Кучугуров, А. Е. Зубарев, Запорожье, Україна

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА В РЕЖИМЕ ПОСТОЯННОГО ВАРЬИРОВАНИЯ СКОРОСТЬЮ ВРАЩЕНИЯ ШПИНДЕЛЯ

Точение в условиях постоянного варьирования скоростью резания является перспективным методом борьбы с автоколебаниями. В середине 70-80х годов прошлого века был предложен метод механической обработки с переменной частотой вращения шпинделя для повышения виброустойчивости процесса резания. С появлением современного металлорежущего оборудования с системой числового программного управления, позволяющей в режиме реального времени управлять движениями станка, стало возможным полноценно реализовать данный способ обработки.

Главной особенностью работы привода в условиях варьирования частоты вращения шпинделя является существенное влияние сил инерции его механических частей станка. В зависимости от закона изменения скорости вращения во времени, привод главного движения не всегда способен в полной мере осуществить управление в соответствии с заданием.

Целью данной исследования является изучение возможностей работы привода главного движения в режиме постоянного варьирования частотой вращения шпинделя. Эксперименты проводились на токарном станке, так как шпиндель последнего, как правило, обладает наибольшей массой в сравнении со станками фрезерной группы.

В статье представлены основные математические модели управления фактической частотой вращения шпинделя, используемые для подавления автоколебаний при механической обработке.

Приведены результаты экспериментального исследования работы привода главного движения токарного станка в условиях девиации частоты вращения шпинделя.

Установлено, что в условия модуляции данной величиной процесс резания не оказывает существенного влияния на вращательное движение шпинделя, так как преобладает действие инерции его механических частей. В дальнейшем этот режим управления возможно использовать на производстве, обеспечивая безвибрационную обработку. Необходимо проводить дальнейшие исследования влияния различных параметров девиации на степень подавления вибраций в зоне резания.

А. П. Гавриш, Т. А. Роїк, Ю. Ю. Віщок, С. М. Зигуля, Київ, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ШЛІФУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ЗНОСОСТІЙКИХ ДЕТАЛЕЙ ТЕРТЯ З ЛЕГОВАНИХ ТИТАНОМ ТА ВОЛЬФРАМОМ КОМПОЗИТИВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ

Однією з найголовніших проблем при створенні сучасного високоефективного обладнання для технологічних комплексів різних галузей народного господарства України є забезпечення високих показників їх надійності, довговічності, працездатності та ремонтоздатності. Особливо актуальною ця проблема постає, коли машини, їх деталі та механізми працюють у жорстких умовах експлуатації, коли температурне середовище забезпечує нагрівання поверхонь деталей тертя у межах 750-800 °С, питомих тисках 5-8 МПа, а робота складних машинних комплексів відбувається при дії агресивного середовища (кисень повітря, виробничий пи́л з абразивною здатністю та ін.).

З цієї точки зору доцільно звернути увагу на створення за останні роки високозносостійких композиційних сплавів на основі штампових та швидкорізальних інструментальних сталей, легованих титаном, вольфрамом, ванадієм та молібденом.

Саме для забезпечення вимог зносостійкості були проведені широкопланові дослідницькі роботи з розробки технології синтезу заготовок деталей тертя верстатного обладнання зі шламових відходів високолегованих інструментальних сталей, у складі яких присутні цінні легуючі елементи (титан, вольфрам, ванадій, молібден, ніобій, нікель тощо), і які є дешевою та вельми корисною вторинною сировиною для виготовлення різного типу конструкційних деталей. При цьому легуючі елементи нових високозносостійких сплавів утворюють в їх структурі чималу частку дрібнозернистих фаз-інтерметалідів. Усе це дозволило отримати високі фізико-механічні та антифрикційні властивості матеріалів, про що свідчать дані, наведені у таблиці.

Як відомо, параметри зносостійкості деталей тертя у машинах і механізмах сучасних технологічних комплексів визначаються не тільки функціональними можливостями матеріалів, з яких ці деталі виготовлено, а і параметрами якості їх поверхонь, що сформовані внаслідок механічного оброблення.

З цієї точки зору деталі з композитів, що мають у своєму складі зазначені вище легуючі елементи (в першу чергу титан і вольфрам) і належать до класу важкооброблюваних сплавів, вимагають особливого підходу до вибору типу абразивних інструментів, які мають бути застосовані для тонкої фінішної обробки робочих поверхонь тертя деталей.

Матеріал	Межа міцності при згині, МПа	Твердість, НВ, МПа (20 °С)	Ударна вязкість, кДж/м ²	Коефіцієнт тертя	Інтенсивність зношування, мкм/км	
					Зразок	Контр-тіло
Композит на основі інструментальної сталі 85Х6НФТ	570-600	860-920	750-760	0,0055-0,0085	0,5-0,8	Сліди
Композит на основі інструментальної сталі 11Р3АМ3Ф	590-620	850-910	770-790	0,0050-0,0080	0,45-0,70	
Композит на основі інструментальної сталі Р6М5К5	530-540	760-870	710-720	0,0014-0,0020	0,25-0,27	
Композит на основі інструментальної сталі Р6М5Ф3	520-530	770-880	670-680	0,0016-0,0023	0,29-0,32	
Композит на основі інструментальної сталі 4ХМФТС	600-630	855-915	780-790	0,0055-0,0082	0,45-0,75	
Композит на основі інструментальної сталі 4Х2В5МФ	570-610	770-810	750-800	0,0015-0,0017	0,27-0,30	

Сьогодні призначення того, чи іншого абразивного інструмента (карбіду кремнію зеленого 63С, електрокорунду білого 32А, синтетичного алмазу АС чи кубічного нітриду бора ЛЮ, КНБ) здійснюється тільки з урахуванням умов формування найкращих параметрів якості оброблення (шорсткість, глибина та ступінь наклепу, рівень залишкових напружень поверхневого шару.

На жаль, розгалужених досліджень технологічних процесів тонкого абразивного оброблення важкооброблюваних композитних сплавів, легованих ітаном, вольфрамом, ванадієм та молібденом, що базуються на нових досягненнях науки з теорії різання матеріалів та сучасних поглядах на вплив структурної побудови шліфувального круга, однорідності зернового складу, кількості основної зерної фракції і, найголовніше, типу ріжучого абразивного зерна і його особливостей застосування, на сьогоднішній день не існує. Це створює умови для розробки і впровадження у виробництво при виготовленні технологічних комплексів різних за технічним рівнем (і не завжди оптимальних) технологічних процесів, які, як правило, базуються на досвіді технологів-практиків різних виробничих підприємств і які, найчастіше, створені для забезпечення конкретних потреб діючого виробництва без гарантій досягнення найкращих показників якості виготовлення деталей і відповідних умов їх надійності та зносостійкості.

Отже, виконання досліджень з підвищення якості поверхонь, що оброблені методом оздоблювального шліфування, шляхом удосконалення абразивних кругів при надтонкій обробці нових типів високозносостійких композиційних сплавів, легованих титаном, вольфрамом, ванадієм та молібденом, є важливою задачею, яка має незаперечне наукове і, що не менш важливо, практичне значення. Це ілюструє актуальність обраної теми досліджень.

Метою даної роботи є забезпечення умов підвищення якості шліфування поверхонь зносостійких деталей тертя з легованих титаном та вольфрамом нових марок важкооброблюваних композитних сплавів шляхом удосконалення абразивних кругів.

Результати та перспективи поширення виконаного комплексу досліджень узагальнюють наступні висновки:

1. Вперше досліджено технологічні процеси абразивного шліфування нових високозносостійких композиційних сплавів, що синтезовані зі шламових відходів інструментальних сталей типу 85Х6НФТ, 11РЗАМЗФ, 4ХМФТС, Р6М5Ф3, 4Х2В5МФ і які містять у складі основних легуючих елементів титан та вольфрам під кутом зору забезпечення високих параметрів якості і продуктивності обробки шляхом поліпшення структури шліфувальних абразивних кругів та їх складу.

2. Показано, що можливо суттєво покращити результати оброблення підвищенням однорідності зернового складу абразиву, оптимізації кількісного складу зв'язки та кількості абразивних зерен у шліфувальних кругах.

3. Доведено, що найкращі параметри якості поверхонь оброблення, показники продуктивності зрізання абразивом шару матеріалу зносостійких титано-вольфрамових композитів та розмірної стійкості абразивних інструментів можуть бути отримані при застосуванні для процесів тонкого

шліфування робочих поверхонь тертя деталей кругів на базі карбиду кремнію зеленого (63С) на еластичних зв'язках.

4. Подальші дослідження будуть спрямовані на виконання експериментів і встановлення відповідних закономірностей при формуванні тонким шліфуванням параметрів якості поверхонь деталей тертя машин, які виготовлені з новітніх марок композитів на основі кольорових металів (мідь, нікель, алюміній).

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 28-38.*

О. П. Гапонова, К. О. Дядюра, О. В. Супрун, О. В. Сорока, Суми, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МІКРОСТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ СТАЛІ АУСТЕНІТНО-МАРТЕНСИТНОГО КЛАСУ

Постійний розвиток нафтової промисловості приводить до підвищення вимог механічних і експлуатаційних властивостей елементів насосів. Численні науково-дослідні роботи, проведені в лабораторіях, а також великий досвід вітчизняного та зарубіжного гідромашинобудування вказують на можливість істотного підвищення зносостійкості насосів шляхом виготовлення їх деталей з матеріалів, здатних протистояти кавітації і абразивному впливу. З цією метою, перспективним є використання жароміцних сталей перехідного аустенітно-мартенситного класу, типу ВНЛ-6.

Особливістю термічної обробки сталей аустенітно-мартенситного класу є можливість їх обробки в стан із структурою аустеніту, що характеризується підвищеною пластичністю, або в зміцнений – зі структурою мартенситу.

Відомо, що термічна обробка високоміцних корозійностійких сталей аустенітно-мартенситного класу, зокрема ВНЛ-6, в промислових умовах полягає в проведенні гартування від температур близько 1000 – 1150°C на повітрі, обробки холодом до мінус 70°C і відпусканні при температурі 400 – 450 °С, на твердість 2,9 – 3,2 мм по Бринелю та на ударну в'язкість 5,0 кгс·м/см² (ОСТ 1 90090-79). Але стандартна термічна обробка не завжди забезпечує необхідний рівень механічних та експлуатаційних властивостей, оскільки для сталі ВНЛ-6 одним з основних критеріїв довговічності в умовах експлуатації є не тільки корозійна стійкість, але і висока твердість. Тому представляє практичний інтерес дослідження впливу режимів термічної обробки на механічні властивості.

Проведені дослідження ставили за мету визначити вплив термічної обробки на структуру та фізико-механічні властивості високоміцної

аустенітно-мартенситної сталі ВНЛ-6, а також розробка технологічних режимів обробки робочого колеса відцентрового насосу з обраної сталі. Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити наступні завдання:

1. Вивчення кінетики фазових перетворень високоміцної корозійностійкої сталі аустенітно-мартенситного класу.

2. Дослідження впливу режимів термічної обробки на структуруоутворення.

3. Дослідження фізико-механічних властивостей сталі ВНЛ-6 після термічної обробки.

При проведенні експериментального дослідження були виготовлені зразки для випробування на ударний згин (ГОСТ 9454-98) з U-подібним надрізом.

Термічну обробку проводили за режимами:

1. Гартування 1130°C, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 70°C, 2 години з охолодженням на повітрі. Відпускання при 480°C, 3 години, охолодження на повітрі.

2. Гартування 1130°C, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 55°C з витримкою 4 години, охолодження на повітрі. Відпускання при 380°C, 2 години, охолодження на повітрі.

3. Гартування 1130°C, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 70°C, 2 години з охолодженням на повітрі. Відпускання при 380°C, 2 години, охолодження на повітрі.

4. Гартування 1130°C, 40...50 хвилин з охолодженням з піччю до температури 1030°C, а послідуочим охолодженням у воді. Обробка холодом при мінус 70°C, 4 години, відпускання при 480°C, 3 години, охолодження на повітрі.

5. Перше гартування: 1050°C, 40...50 хвилин на повітрі, друге – 830°C, 40...50 хвилин з охолодженням на повітрі. Обробка холодом при мінус 70°C, 2 години, відпускання при 480°C, 2 години з охолодженням на повітрі.

6. Гартування 800-850°C, 40...50 хвилин на повітрі, обробка холодом при мінус 70°C, 2 години, відпускання при 480°C, 2 години на повітрі.

Режими підібрані експериментально, з огляду на підвищення міцнісних властивостей виробів, що обробляються.

Контроль твердості проводили на приборі Роквела за шкалою «С» (ГОСТ 9013-59). Для аналізу характеру руйнування при випробуваннях на удар злами досліджували на растровому електронному мікроскопі «РЭМ-106И». Мікроструктуру вивчали за допомогою оптичного мікроскопу «НЕОРНОТ 2» на попередньо підготовлених зразках. Травлення проводили електродлітичним методом в щавлевій кислоті, ударний згин та твердість – за стандартними методиками.

Проведеними дослідженнями щодо аналізу кінетики фазових перетворень високоміцної корозійностійкої сталі аустенітно-мартенситного

класу встановлено, що сталі цього класу типу ВНЛ-6 можна термічно обробляти в умовах стабілізації аустеніту – міцнісні властивості зменшуються, а пластичність збільшується, а також в умовах дестабілізації аустеніту – міцнісні властивості збільшуються, а пластичність і в'язкість залишається на достатньому рівні.

Після стабілізуючої термічної обробки сталь має в структурі аустеніт з деякою кількістю мартенситу. В мікроструктурі після дестабілізуючої термічної обробки сталі аустенітно-мартенситного класу за рахунок більш повного перетворення аустеніту в мартенсит характерна більша кількість мартенситної фази.

Визначено, що швидке охолодження після аустенізації ініціює мартенситне перетворення в ізотермічних умовах і при нагріванні, що підвищує міцність сталі.

Фрактографічний аналіз показав, що після стабілізованої термічної обробки злами загартованої сталі мають в'язкий злам з характерною ямковою будовою, а при дестабілізації - основною рельєфною складовою є сплюснені ямки з окремими фасетками квазісколу.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 40-49.*

М. О. Голофєєва, В. М. Тонконогий, Т. О. Редько, Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИНТЕГРАНУ ВІД ЧАСТОТИ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ

Дослідження демпфуючої спроможності синтеграну за допомогою відомих методів може призвести до суттєвих похибок. Це пов'язано з неоднорідністю матеріалу, а відповідно, із складними процесами розсіювання енергії. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки методів експериментального визначення дійсних значень характеристик дисипації енергії.

Метод дослідження динамічних властивостей синтеграну заснований на взаємозв'язку декременту затухання коливань та швидкості розповсюдження ультразвуку в матеріалі. При виявленні залежності дисипативних властивостей від модуля пружності використовувався метод регресійного аналізу, тобто статистичний метод дослідження впливу однієї або декількох незалежних змінних на залежну змінну.

В результаті аналізу було встановлено поліноміальну модель, що найкраще зв'язок декременту затухання коливань в синтеграні та модуля пружності. Залежність декременту затухання коливань від швидкості ультразвукових хвиль в синтеграні отримуємо з врахуванням формули

розрахунку швидкості розповсюдження поперечної ультразвукової хвилі в контрольованому середовищі, тобто в синтеграні, що наведена у попередньому дослідженні.

З літературних джерел відомі частотні залежності модулю пружності матеріалів, а відповідно і швидкості ультразвукових хвиль, що розповсюджуються в них. Тому можна констатувати чутливість методу вимірювання декременту затухання коливань до змінення параметрів коливань об'єкту дослідження.

Зразок із синтеграну консольно закріплюється на вібростолі, який дозволяє змінювати частоту коливань. На зразкові, на фіксованій відстані S (база прозвучування) встановлюються ідентичні за розмірами та масою віброакустичні п'єзоелектричні датчики АВС 117, за допомогою яких отримуються сигнали, що пропорційні переміщенню. Вимірювання декременту затухання коливань проводиться ударним ультразвуковим методом. Під час вимірювання зразок здійснює коливальний рух з частотою, що задається вібростолом.

Сигнали з датчиків вводяться до блоку електроніки діагностичного комплексу Дельфін-1М, що забезпечує комутацію, узгодження, попередню фільтрацію та введення вимірювальних даних до комп'ютера за допомогою аналогово-цифрового перетворювача. Частота опитування кожного каналу – 70000 раз на секунду.

Дослідження декременту затухання коливань проводилися на частотах 1750 Гц, 1800 Гц, 1850 Гц та 1920 Гц. На кожній частоті виконано по п'ять вимірювань.

Обробка результатів вимірювання була проведена при довірчій ймовірності 0,95.

З результатів вимірювання видно, що декремент затухання коливань збільшується з ростом частоти коливань зразка.

Основний зміст виконаної роботи полягає у наступному:

- розглянутий метод дослідження характеристик розсіювання енергії заснований на зв'язку декременту затухання коливань та швидкості розповсюдження ультразвукових хвиль в матеріалі;
- отримана залежність декременту затухання коливань від швидкості ультразвукових хвиль;
- доведена можливість використання описаного методу дослідження при визначенні частотної залежності дисипативних характеристик матеріалу та отримана залежність декременту затухання в синтеграні від частоти вимушених коливань.

В. С. Гусарев, А. Б. Кадхим, Одесса, Украина

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЗАТРАТЫ НА ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Технология машиностроения содержит большой спектр физических процессов, начиная от обработки металлов давлением (ОМД), резанием (ОМР), до физических и химических процессов (ФХОМ) воздействия на вещество (материал). Основным показателем этих процессов, несмотря на их физическое разнообразие, является время (t) или обратная величина – производительность (t^{-1}). Как физическая категория время – длительность (период) протекания процесса, а производительность – частота, с которой производится продукт технологического процесса, иначе скорость выпуска технологической продукции.

Время, как основной технологический показатель, является необходимым для анализа и синтеза процессов, но не достаточным его показателем. Любой физический (химический) процесс, положенный в основу технологического процесса (операции) для выполнения технологического воздействия, требует затраты работы и её меры энергии.

Работа и её эквивалент – энергия является необходимым и достаточным показателем технологического процесса (операции) вне зависимости от физического содержания.

Удельная работа (энергия) процесса – это энергия ($Dж$), необходимая для выполнения работы над единичным объемом материала ($см^3$). Удельная энергия процесса характеризует технологический процесс по расходу энергоресурса. Основные операции технологических процессов существенно различаются по удельной энергии ($Дж/см^3$). Эту особенность различных процессов обработки обнаружили многие исследователи различных процессов. Этот, как правило сопутствующий результат исследований не привлекал внимания, т.к. лежал вне области решаемой задачи.

Удельная работа (энергия) физического процесса (операции) определена интервалом значений, который зависит от обобщенных физико-механических характеристик обрабатываемых материалов в данном конкретном процессе. Нижняя граница интервала соответствует менее высоким, а верхняя – более высоким характеристикам материала

Впервые подобные статистические показатели удельной работы, как характеристики технологической операции были приведены в статье д.т.н.

В.В. Швеца еще в 1967 году. В этой статье предлагалось рассматривать идеальные технологические процессы, исходя из атомно-молекулярного подхода к скорости процессов разрушения вещества. Автор сосредоточил внимание на двух скоростных зонах предельного состояния деформированного вещества.

Первая зона – с предельной скоростью деформации, равной скорости звука, вторая – с предельной скоростью деформации равной скорости света. Далее, автор предложил двухкоординатную таблицу «удельная энергия – скорость процесса», которая, к сожалению, не стала «таблицей Менделеева».

В заключение автор сформулировал основные требования к идеальным процессам обработки:

1. В основу процесса должны быть положены электрические или световые явления, так как только они обладают способностью создавать сверхзвуковые скорости.

2. Энергия, необходимая для процесса обработки, должна вводиться непосредственно в рабочую зону, минуя всевозможные передаточные звенья и преобразования.

3. Энергия должна направляться на нарушение и ослабление минимально необходимого количества связей, не затрагивая ближайших слоев обрабатываемого материала».

Наш интерес к удельной работе технологической операции позволяет рассмотреть вопрос с нескольких направлений:

1. Расставить технологические процессы по возрастанию показателя удельной работы, что позволяет проследить тенденцию развития процессов.

2. Классифицировать процессы механической обработки именно по удельным энергетическим показателям.

3. Исследовать наиболее перспективные направления в технологии обработки материалов

4. Сопоставить альтернативные процессы, обеспечивающие одинаковый результат качества, но различающихся по удельным характеристикам.

5. Проектировать такие варианты процессов обработки, которые будут иметь минимальную энергоемкость.

6. Стимулировать инновационную модернизацию технологических производств с целью более экономного расходования энергии на решение технологических задач.

В общем массиве процессов механической обработки материалов четко фиксируются три класса операций. В первую очередь это процессы обработки давлением (ОМД), которые имеют интервал удельной работы [$\text{Дж}/\text{см}^3$]: $a=(5 \cdot 10^2 \dots 5,5 \cdot 10^2)$; во вторую – процессы обработки металлов резанием (ОМР) с интервалом удельной работы $a=(2 \cdot 10^3 \dots 1,5 \cdot 10^4)$; третью – процессы обработки материала физическими и химическими методами (ФХОМ) с интервалом удельной работы $a=(3 \cdot 10^4 \dots 5 \cdot 10^7)$.

Предлагаемая классификация, с одной стороны широко известна, т.к. в качестве одного её признака выдвигается различное инструментальное взаимодействие, как у проф. Г.И. Грановского – кинематическая классификация, или как у академика Л.Н. Кошкина – геометрическая классификация процессов; с другой стороны здесь предлагается классификация процессов по признаку (интервалу) удельной работы.

Основные классы технологических процессов ОМД, ОМР, ФХОМ существенно различаются по удельной энергии [$\text{Дж}/\text{см}^3$]. Наиболее экономичные процессы ОМД – холодная гибка листов (производство кузовов автомобилей), штамповка взрывом (бесшовное производство емкостей техники). Достаточно экономичные процессы ОМР в традиционных операциях точения (обработка тел вращения) и протягивания (обработка плоскостей корпусов). Совершенно неэкономичные процессы ФХОМ – ультразвуковая и лазерная обработка. Это процессы специального назначения, необходимые для обработки сверхтвердых материалов.

Удельный показатель работы (энергии) в технологическом процессе можно использовать при определении общей работы (энергии) на выполнение технологической операции, в рассмотрении альтернативных методов (процессов) и расчете энергоэкономического эффекта (ЭЭФ) от применения прогрессивного оборудования по сравнению с исходным.

Например, процесс тонкого точения в 30 раз менее энергоемок, чем процесс шлифования при снятии одинакового припуска, поскольку: $a_w/a_m=(5,5 \dots 7,5) \cdot 10^4 / (1,7 \dots 2,5) \cdot 10^3 = 30$.

Возможно, столь большая величина энергозатрат при шлифовании вызовет удивление? Однако напомним, что «удельная» энергия зависит от соотношения процесса трения, царапания и резания, являющихся составными элементами шлифования.

Ю. Г. Гуцаленко, Харків, Україна

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО РЕЛЬЕФА АЛМАЗНОГО КРУГА С ШЕРОХОВАТОСТЬЮ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ ОБРАБОТКИ ПРИ УСТОЙЧИВОМ ШЛИФОВАНИИ

Варьирование высотными параметрами режущего рельефа круга данной характеристики при устойчивом шлифовании позволяет добиваться и улучшенной шероховатости обработанной поверхности при работе инструментом с повышенным притуплением режущих зерен в условиях обеспечения умеренного темпа принудительного изнашивания связки, и повышенной производительности обработки при работе инструментом с умеренным притуплением режущих зерен в условиях обеспечения повышенного темпа принудительного изнашивания связки. Получение взаимосвязанных с параметрами рельефа алмазного круга аналитических выражений шероховатости и производительности обработки, удобных практическому технологу для определения доступных в реальных условиях путей эффективного решения заданий на механическую обработку, является важной задачей поддержки современных гибких машиностроительных производств.

Полученные выражения шероховатости и производительности, основанные на аналитической методологии Ф.В. Новикова и А.В. Якимова связывают эти важнейшие выходные показатели механической обработки шлифованием с высотными параметрами режущего рельефа круга. Использование этих зависимостей на практике ориентировано на процессы обработки с возможностью обеспечения устойчивости параметров рельефа инструмента, например, при алмазно-искровом шлифовании с управлением электрическими режимами эрозионного разрушения связки круга электрическими разрядами, согласованного с контактным износом режущих зерен. На основании полученных аналитических результатов в таких условиях возможно принимать обоснованные технологические решения для выполнения конкретных производственных задач.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць ОНПУ
Сучасні системи технологій в машинобудуванні, присвяченому
90-річчю професора Якимова О. В., ISBN 978-966-383-600-3, 2015: 128-133.*

Ю.Г. Гуцаленко, Харьков, Украина

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО РЕЛЬЕФА С ШЕРОХОВАТОСТЬЮ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Практика использования технологий алмазно-искрового шлифования (АИШ) и электроэрозионной правки инструмента, основанных на введении в зону шлифования (правки) дополнительной электрической энергии в форме электрических разрядов свидетельствует о возможностях эффективного разрешения противоречий между режущей способностью алмазных кругов на металлических связках, прочностью этих связок, производительными возможностями и экономикой процесса шлифования. Показан типичный пример реализации различных способов обработки, в том числе АИШ, в идентичных кинематико-геометрических условиях на операциях внутреннего шлифования подшипниковой стали ШХ15, твёрдого сплава ВК15 и магнитотвёрдого сплава ЮНДК24Т2.

К важнейшим преимуществам алмазно-искровой обработки перед обычной относится снижение энергоёмкости собственно шлифования и повышение энергоотдачи работы стружкообразования. Показан характерный пример сопоставления удельной энергоёмкости и производительности алмазного и алмазно-искрового круглого шлифования от продолжительности обработки в идентичных механических условиях, обрабатываемый материал – теплостойкая наплавка марки ЗХ2В8, расчетная (режимная) производительность – 100 %. Условия АИШ соответствуют обработке восстановленного наплавкой вала штрипсового стана «300» металлургического комбината «Криворожсталь» (объём снимаемого материала примерно 2000 см³). Сборная конструкция инструмента большого диаметра (в условиях комбината использовался алмазный шлифовальный круг типоразмерной характеристики 1А1 800х90х5х305) разработана в ИСМ НАН Украины специально для шлифования крупногабаритных деталей типа валков прокатных станов и им подобных.

Для выполнения поставленной задачи получения взаимосвязанных с параметрами рельефа алмазного круга аналитических выражений шероховатости и производительности обработки, удобных практическому технологу для определения доступных в реальных условиях путей эффективного решения заданий на механическую обработку, избирательно в ее контексте выстроена структурированная логика выкладок и обобщений в части математического моделирования устойчивого во времени процесса алмазного шлифования и теоретических исследований технологических возможностей повышения эффективности алмазного шлифования.

В результаті отримані взаємозв'язані з параметрами рельєфу алмазного круга аналітичні вираження шерохватості і продуктивності обробки. Практичне застосування розрахункового підходу можливо при забезпеченні стійкості параметрів рельєфу інструмента в умовах АІШ з управлінням електричними режимами їх стійкої реновації за рахунок підтримання темпа ерозійного руйнування зв'язки електричними разрядами, узгодженого з контактним зносом режущих зерен.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 56-64.*

Ю. Г. Гуцаленко, Харків, Україна

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИЕМ

Експериментальні дослідження прогресивного технологічного методу алмазно-искрового шліфування (АІШ), розробка якого ґрунтується в НТУ «ХПІ» і виконується в ньому більше 40 років, свідчать про те, як правило, про деяке підвищення шерохватості обробленої поверхні порівняно з звичайною алмазною обробкою. Причини цього явища включаються в присущі АІШ достоїнства і особливості, серед яких виділяються збільшення висоти виступання зерен, зменшення удільної роботи зв'язки в процесі шліфування і наявність мікролунок, сформованих електричними разрядами.

Разом з тим досвід мікроскопічних досліджень поверхонь після електроерозійного впливу в процесі АІШ дозволив запропонувати модель згладжування шерохватості поверхні при участі електричної ерозії в формуванні остаточного рельєфу обробленої поверхні в удосконалених циклах обробки.

Ця модель виходить з того, що, в першу чергу, в умовах АІШ об'ємно-геометричні характеристики робочої зони обробки достатньо стійкі і їх зміни прогнозовані, а електричні режими передбачувано визначають величину критичного зазору електричного пробоя між металами зв'язки шліфувального круга і оброблюваної поверхні. Крім того, в заданих кінематико-геометричних і електричних умовах АІШ даного матеріалу ерозійний слід електричного разряду на його поверхні може розглядатися в якості витягнутого полуелліпсоїда обертання з певною глибиною H .

Тогда возможны относительно малые по высотным характеристикам электроэрозионные вмешательства в картину микропрофиля шлифованной поверхности ($H < R_z$), которые сглаживают её рельеф и, если и не приводят к уменьшению R_z (при неполном перекрытии эрозионными пятнами обработанной поверхности), то наверняка снижают величину среднего арифметического отклонения профиля R_a .

При алмазной обработке кругом после предварительной электроэрозионной правки или с одновременной основному рабочему процессу автономной правкой (непрерывной, периодической), осуществляемой вне зоны резания, микропрофиль шлифованной поверхности идентичен участкам микропрофиля после АИШ, не испытывавшим электроэрозионных вмешательств. Учитывая, что в процессе АИШ имеет место скольжение электрических контактов (пятен каналов электрических разрядов) по обработанной поверхности, модель – полушар или шаровой сегмент высотой (глубиной лунки) H , какими описывалась бы эрозия в неподвижных точечных электрических контактах, трансформируется в модель – полуэллипсоид с размерами полуосей H (глубина лунки), $B/2$ (B – ширина лунки) и $L/2$ (L – длина лунки). Согласно с теорией и практикой электроэрозионных явлений в движущихся электрических контактах вообще] и возникающих в зоне АИШ в особенности, модель эрозионной лунки представляет полуэллипсоид, вытянутый в направлении скольжения электроэрозионного контакта (в направлении шлифования). При $H = \frac{B}{2} < \frac{L}{2}$

модель эрозионной лунки является вытянутым полуэллипсоидом вращения.

По модели (рисунок) величины высот \bar{y}_p и \bar{y}_v соответствуют средним значениям пяти наибольших выступов (\bar{y}_p) и впадин (\bar{y}_v) профиля, по которым рассчитывается параметр R_z шероховатости поверхности, т. е.

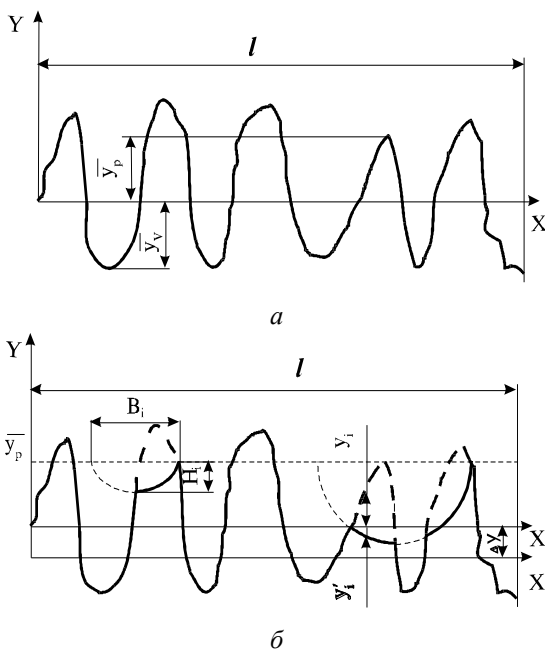
$$|\bar{y}_p| = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}|}{5}, \quad (1)$$

$$|\bar{y}_v| = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}. \quad (2)$$

На рисунке показан исходный микропрофиль поверхности (обработка без АИШ, *a*) и эрозированный АИШ (*б*). Принимается также, что линии высот и впадин со средними значениями \bar{y}_p и \bar{y}_v симметричны средней линии профиля (оси абсцисс X , рисунок, *a*), т.е.

$$|\bar{y}_p| = |\bar{y}_v|, \quad (3)$$

$$|\bar{y}_p| = \frac{R_c}{2}. \quad (4)$$



Геометрическая логистика модели опирается на физическое ожидание того, что эрозионные следы движущихся пятен каналов разрядов (электрических контактов) занимают энергетически наиболее выгодные положения, с возможно минимальным зазором (сопротивлением в контакте), и потому, во-первых, не пересекаются (каждая последующая лунка формируется вне уже состоявшихся, если такая ситуация возможна) и, во-вторых, эрозия начинается с наибольших выступов профиля (т.е. среднестатистично с уровня \bar{y}_p , рисунок, б).

Рассмотрение пренебрегает во многих случаях характерными эрозионным лункам-кратерам "лавообразования", когда расплавленный материал образует навалы по краям лунок и (или) заполняет попавшие в зону эрозионного лункообразования впадины микрорельефа поверхности. Последнее в большей степени присуще обработке пластичных материалов, особенно электроэрозионным процессам с относительно малыми энергиями единичных импульсов, когда $H < R_a$ или хотя бы $H < R_z$, как это могло бы иметь место в геометрическом представлении по рисунку, б.

Модель вовлекает в рассмотрение исключительно ситуации с относительно малыми по высотным характеристикам электроэрозионные вмешательства в картину микропрофиля шлифованной поверхности сглаживают её рельеф и, если и не приводят к уменьшению R_z (при весьма малой плотности N эрозионных пятен на обработанной поверхности), то наверняка снижают величину среднего арифметического отклонения профиля R_a . При этом положение средней линии профиля меняется (понижается на некоторую величину Δb , рисунок, б).

В данном исследовании показано, что иллюстрированное рисунком, б введение в модель сглаживания шероховатости поверхности при АИШ является таковым и в ситуациях, когда $H \geq R_z$ в рассмотрении R_z при работе без тока. Эти ситуации являют предпосылку использования эрозионного лункообразования в сглаживании шероховатости поверхности в цикле АИШ, включающем завершающий цикл технологический переход выхаживания без тока.

Тогда в общем случае, как это следует из основанных на анализе экспериментальных данных ранее представленных автором модельных представлений и изложенного здесь, достижимый сглаживающий эффект массы единичных электроэрозионных вмешательств в картину формирования шероховатости обработанной поверхности (в том числе, как это уже рассматривалось относительно малых по высотным характеристикам, $H < R_z$) является наследственностью действия электрических импульсов, возбуждающих электрические разряды. В том числе как это уже рассматривалось, относительно маломощные высокочастотные, правящее действие которых на анодную поверхность металлической связки круга в высокопроизводительных процессах из опытной практики недостаточно для поддержания стабильно высокой развитости режущего рельефа алмазно-абразивного инструмента, обеспечивающей основные организационно-технические, технологические и экономические преимущества АИШ. Поэтому подтвердим здесь рекомендацию об использовании в цикле АИШ электрических режимов, шадящих обрабатываемое твердое тело в зоне его непрерывной сплошности ниже линии впадин шероховатости поверхности, в заключительной фазе обработки, непосредственно перед выхаживанием или в его начале.

В циклах же АИШ с $H \geq R_z$, т. е. без целенаправленного, для формирования сглаживающей микрорельеф обрабатываемой поверхности технологической наследственности, включения в завершающий их структуру этап шадящих электрических режимов, завершение циклов для получения сглаженного микрорельефа обработанной поверхности с использованием эрозионного лункообразования следует проводить без тока. В том числе применяя выхаживание, и притом на глубину внедрения режущего рельефа

алмазного круга в бестоковой обработке, при которой номинальный микрорельеф (рисунок, а) все еще пересекается с эрозионным лункообразованием (рисунок, б).

Если уровень шероховатости в выполняемой операции нормируется некоторым ограничением сверху $[R_a]$, а $R_a > [R_a]$, и притом желательно минимизировать электрофизическую технологическую наследственность АИШ в структуре поверхностного слоя обработанной поверхности, то выхаживание в комбинации с электроразрядным воздействием на нее следует проводить в пределах $\bar{y}_i \leq [\bar{y}_i]$, $[\bar{y}_i] = 4(R_a - [R_a])$. Ситуация $\bar{y}_i < [\bar{y}_i]$ предполагает обязательное дополнительное понижение шероховатости выхаживанием после отключения технологического тока.

Теоретические исследования и обширная экспериментальная практика указывают на высокую технологическую рациональность выхаживания, в особенности в технологиях АИШ. Помимо размерно-геометрических аспектов следует принимать во внимание, что с функциональных позиций упрочнения обрабатываемой поверхности выхаживание рассматривается в одном ряду с такими специальными операциями как обкатка и дорнование.

Эрозионное сглаживание шероховатости при АИШ, проводимое с выхаживанием при минимальном внедрении следов электрических разрядов в обрабатываемую поверхность, предполагает выполнение соотношения $H \leq [\bar{y}_i]$. Поскольку величина $[\bar{y}_i]$ предопределена R_a и заданием $[R_a]$ или $[R_z]$, то осуществимость этого соотношения обеспечивается необходимым понижением H . Частотное регулирование импульсного действия электрического тока в зоне АИШ предоставляет большие возможности для этого. Об этом свидетельствует и опыт исследования локальной объемной эрозионной деструкции металлической связки шлифовальных кругов, работающих в режиме АИШ.

Существенные возможности понижения H предоставляет также реализация кинематико-геометрической схемы АИШ с повышенной скоростью перемещения обрабатываемой поверхности относительно инструментальной, когда энергия электрических разрядов реализуется с удлиненными и потому менее глубокими эрозионными следами. Характерным примером в этом направлении является технологическая практика внутришлифовального станка-полуавтомата модели 3М227ВРФ2 (3М227ВЭРФ2) с конструктивно обеспечиваемой частотой вращения изделия до 1200 об/мин.

Таким образом, эрозионные образования (лунки) на поверхности, обрабатываемой АИШ, существенно изменяют общую картину и показатели шероховатости по сравнению с обычным шлифованием. При этом возможен эффект эрозионного сглаживания окончательного (шлифованного) микрорельефа.

В ідентичних режимних умовах алмазного шліфування, в відсутність електроерозійного руйнування стружок в процесі їх відділення від шліфуючої поверхності і після нього, в разі розвинутого режущого рельєфу (після правки), міжзерненне простір, по-видимому, є свого роду галтовочною мінікамерою, в якій роль шліфувально-полірувального інструмента, неперервно частково видавлюваного і відновлюваного, грають сколи надтвердого абразива і, головним чином, заторможеної стружки і продукти їх диспергування. Робочій зоні АІШ ці явища також присутні, але в значно меншій ступені, що і проявляється, як правило, менш гладким мікрорельєфом обробленої поверхності.

В разі ж поступової втрати гостроти режущого рельєфу при алмазному шліфуванні без правки інструмента і затупленим кругом, зерна його робочої поверхності з привершинними площадками зносу все менше режуть і все більш вирівнюють, зв'язка круга все більш втягується в вирівнюючий контакт з оброблюваною поверхністю.

З практичної реалізацією запропонованої моделі, крім власне розширених тут технологічних можливостей вирівнювання шерохватості оброблюваної АІШ поверхності, зв'язується, в-перших, скорочення часу вижівання і всього операційного циклу АІШ до досягнення заданої шерохватості, і, в-других, мінімізація втрат розвинутого режущого рельєфу шліфувальних кругів по порівнянню з конвенційними підходами до організації робочих циклів АІШ.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 50-58.*

Ю. Г. Гуцаленко, Харків, Україна

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ПІВНІСЬКОЇ ОЦІНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПО СТАНДАРТНИМ РЕГЛАМЕНТАМ СТОЙКОСТНИХ ІСПИТАНЬ

Інформація про порівняльну работоспособність інструментальних матеріалів, особливо в дорогостоящих альтернативах, до яких відносяться перш за все надтверді, важна в прийнятті економічно обґрунтованих рішень організаційно-технологічної підготовки виробництва.

Базою вихідних даних для аналітичного розрахунку такої інформації застосовують до інструментальних композитів на основі кубічного нітрида бора застосовують стандартний регламент і нормативи стійкостних

испытаний сменных режущих пластин из сверхтвердых материалов. Работа использует исходные данные и методическую логику в полной иерархической системе ресурсных показателей, включающей рабочий путь резания, площадь обработанной поверхности и объемный съем.

Выполненные расчеты охватывают группу инструментальными композитов на основе кубического нитрида бора, составившую предмет рассмотрения действующим в Украине межгосударственным стандартом.

Эта группа включает следующие композиты: 01 (K01 – эльбор-Р), 02 (белбор), 05 (K05ИТ), 06, 10Д (K10Д – двухслойные пластины: гексанит-Р с подложкой из безвольфрамового сплава), 11 (киборит), Томал-10.

Результаты расчетов и используемые в их производстве базы данных систематизированы в табличном виде.

Приведены расчетные зависимости, использующие унифицированную систему идентификаторов и тут же сопровождаемые необходимыми понятийными пояснениями.

Разработанная система аналитических моделей в части отображений относительных оценок работоспособности инструментальных материалов и инструментов из них высших порядков (k_L , k_F и k_W) представляет собой единую системную аналитическую модель, оперирующую с отношениями абсолютных значений характеристик работоспособности, описываемых произведением функциональной скорости (соответственно m , m^2 и m^3 за единицу времени) на нормативную стойкость.

Предложенный подход является открытым для дальнейшего совершенствования, имеет перспективу развития на своей собственной аналитической основе. Причем как в направлении создания аналитического продукта повышенного уровня обобщения, так и в направлении разработки частных аналитических решений.

Разработанный подход к рейтинговой оценке работоспособности рабочей части лезвийных инструментов может использоваться применительно к различным группировкам в иерархии инструментальных материалов, в том числе используемым в виде перетачиваемых режущих пластин.

Подход аналитически реализован и получил расчетную апробацию с опорой на информационный базис стандартной методики стойкостных испытаний режущих пластин из сверхтвердых материалов. В результате расчетов определены рейтинги работоспособности в группе композитов на основе кубического нитрида бора (композиты 01, 02, 05, 06, 10Д, 11, Томал-10). Полученные рейтинговые оценки могут использоваться в планировании и подготовке научно-исследовательской и производственной практики.

Ю. Г. Гуцаленко, Харьков, Украина

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Необходимость сравнительной оценки работоспособности режущих пластин из сверхтвердых инструментальных материалов возникает в различных задачах предпочтения. Прежде всего, разумеется, в организационно-технологической подготовке производства и превентивных расчетах его экономических показателей. Но не только. Например, при выборе базовых объектов научных исследований для формирования информационных систем поддержки внедрения в промышленность новых и перспективных технологий механической обработки.

Конкретным посылом к такому исследованию в данном случае послужила разработка экспертной системы прогнозирования шероховатости труднообрабатываемых материалов после алмазно-искрового шлифования как составляющей задания на выполнение в НТУ «ХПИ» в 2013-2014 гг. темы М2240 «Разработка технических решений специальной модернизации универсальных станков и технологических баз данных для алмазно-искрового шлифования труднообрабатываемых материалов» (номер государственной регистрации 0113U000425).

В рамках этой разработки, преимущественно исследующей технологические возможности метода алмазно-искрового шлифования применительно к формообразованию режущих пластин отечественного производителя, а именно алмазно-твердосплавных, известных в аббревиатурном представлении АТП (разработчик – Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины), возникла необходимость обоснованного выбора некоторого базового представителя среди нитридных сверхтвердых композитов как потенциальной технологической альтернативы алмазным, наиболее очевидной в особенности в обработке сталей, химический состав которых роднит с алмазом углерод в различных аллотропах, и это родство привносит известные ограничения теплофизической природы в технологические возможности механического контакта алмаза при резании стали.

Предложена опирающаяся на стандартную методику стойкостных испытаний режущих пластин из сверхтвердых материалов система аналитических моделей рейтинговой оценки работоспособности лезвийных инструментов. Разработка реализована на примере группы композитов из нитридных сверхтвердых материалов (композиты 01, 02, 05, 06, 10Д, 11, Томал-10) с использованием баз данных режимов резания и нормативов их стойкостных испытаний по действующему в Украине межгосударственному стандарту.

В результаті розрахунків по моделі в найбільш значимій рейтинговій оцінці (по об'ємному з'єму) перевагу першого порядку в дослідницькій і наступній промисловій практиці заслуговує композит Томал-10. Стабільно високими результатами серед інших сверхтвердих композитів на основі кубічного нітрида бора виділяється також композит І1 (кіборит), який займає третю позицію в пріоритетному рейтингу по об'ємному з'єму і перші позиції в інших основних рейтингах – по робочому шляху різання і площі обробленої поверхності.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 44-52.*

Ю. Г. Гуцаленко, Харків, Україна

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕССОВАНИЯ В ПРОЦЕССАХ КОНСОЛИДАЦИИ ПОРОШКОВ МЕТОДОМ СПАРК-ПЛАЗМЕННОГО СПЕКАНИЯ

Конкуренция технологий консолидации порошков различных материалов инструментального и конструкционного назначения определяется соперничеством прежде всего в формировании, и притом энергоэффективном, тонкодисперсных и высокоплотных структур, в единстве этих двух качеств и составляющих основу уровня их физико-механических свойств и эксплуатационных показателей в готовых изделиях, если решаемая задача не связана с целенаправленным созданием пористого твердого тела, например фильтра. Особую остроту конкуренции технологий высокопрочных продуктов на современной порошковой основе, в особенности в нанометрическом диапазоне размеров зерен, придает повышенная востребованность в них эксплуатационно высокофункциональных, но трудно консолидируемых высокотвердых тугоплавких материалов.

Современные успехи в производстве высокоплотных порошковых консолидатов связываются с совмещением электронагрева и горячего прессования, что обеспечивает возможность одновременного независимого управления скоростью нагрева и механической активацией, в результате позволяет добиваться энергичного протекания процесса уплотнения с опережением теплового роста зерен механической активацией их упаковки в консолидате.

Таким образом, прессование относится к основным воздействиям на объект порошковой консолидации, и выработка обобщенного подхода к обоснованному выбору его режима в цикле спекания является актуальной, заслуживающей специального рассмотрения, которому, применительно к

методу спарк-плазменного спекання, или, в современной оригинальной терминологии японского фундатора (*M. Tokita*) и его последователей, *spark plasma sintering* (SPS), и посвящается представляемая здесь работа.

Рассматривается проблема физико-математического прогнозирования рационального давления в процессах SPS порошковых композиций. Определены физические аспекты этой проблемы и представлен подход к расчету давлений в цикле прессования на стадии подготовки и экспериментальной разработки производства.

Расчет основан на использовании закона Пашена применительно к рассматриваемой модели спарк-плазменной консолидации порошков под давлением.

Предложена расчетная реляционная база данных по давлению в нанометрическом диапазоне средних размеров зерен исходных порошков в технологиях производства посредством SPS. Результаты расчетов сопоставлены с практическим опытом энергосберегающего скоростного SPS плотного керамического композита из нанопорошков Al_2O_3 -WC (50/50 мас. %).

Предложенный приближенный расчетный подход к определению исходных давлений прессования на начальных этапах реализации полного технологического цикла нанопорошковой электроконсолидации по методу SPS согласуется с рассмотренной практикой и предложенная расчетная реляционная база расчетных данных по давлению в нанометрическом диапазоне средних размеров зерен исходных порошков рекомендуется к применению в опытно-экспериментальных разработках промышленных технологий SPS.

Предложены направления дальнейших исследований.

Повністю опубліковано у Віснику НТУ «ХПИ», серія:

Математичне моделювання в техніці та технологіях, ISSN 2222-0631, 2015, № 18 (1127): 44-53.

Ю. Г. Гуцаленко, Харьков, Украина

ФИЗИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ВСКРЫТИЯ ЗЕРЕННЫХ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ С УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ АЛМАЗАМИ ПРИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОМ ШЛИФОВАНИИ

Металлическая защита поверхности синтезированных алмазных зерен, усиленная включением детонационных ультрадисперсных алмазов (УДА) в состав покрытия, способствует морфометрической сохранности зерен в доэксплуатационный отрезок их жизненного цикла. Известен опыт

повышения эффективности алмазно-искрового шлифования (АИШ) кругами с исходной поверхностной металлизацией зерен из сверхтвердых абразивов.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования влияния степени износа и обновления режущего рельефа алмазного круга на устойчивость процесса и параметры операций АИШ указывают на определяющее влияние исходного размера, геометрии, прочности, износостойкости сверхтвердых зерен в составе алмазно-металлической композиции инструмента на его потенциальную работоспособность, интенсивность и ресурс рабочей эксплуатации.

В НТУ «ХПИ» разработана практическая технология износостойкой металлизации алмазных зерен с введением УДА и получены данные о возможности прессования и спекания алмазно-металлических композиций рабочей части шлифовальных кругов с участием алмазных зерен под таким композитным покрытием без их разрушения. Поэтому введение сверхтвердой составляющей в виде УДА в состав металлопокрытия алмазных зерен инструментов АИШ открывает новые перспективы в повышении ресурса шлифовальных кругов и технологических возможностей этого технологического метода высокопроизводительной финишной обработки.

Выступая в известной роли мощного структурообразователя, на этапе инструментального производства заметно усиливающего функциональные свойства покрытия, УДА в его составе на зернах рабочей поверхности шлифовального круга в операционном технологическом использовании являются вместе с тем очагами повышенного износостойкого сопротивления вскрытию алмазной режущей основы зерен. Поскольку объемное содержание УДА в функционально защитном металлическом покрытии (не выше, чем чуть более 2 %) в общем случае примерно в 3...25 раз уступает практикуемой объемной доле алмазов шлифовального порошка в составе алмазно-металлической композиции рабочей части инструмента (от 6,25 до 50 %), причем в наиболее распространенном (25 % – по данным крупных производителей и потребительского рынка, например представительства российского ОАО «Терекалмаз» в Республике Беларусь) – на порядок, то вклад УДА металлопокрытия в сьем обрабатываемого материала уже поэтому не может быть существенным в сравнении с работой алмазной основы исходно металлопокрытых зерен.

Представленное исследование преследует цель показать принципиальные особенности и возможности эффективного эксплуатационного разрушения УДА под действием электрического тока в металле покрытия, выполнившего свою защитную функцию и требующего вскрытия в рабочих процессах управляемого АИШ для введения в процесс массового микрорезания алмазной режущей основы исходно металлопокрытых зерен. Электрофизические особенности АИШ предоставляют возможность повышения эффективности эксплуатации

інструмента с металлопокрытием сверхтвердых абразивных зерен, включающим УДА для повышения функциональной надежности сохранения исходной целостности зерен при прессовании и спекании алмазно-металлических композиций.

Эти возможности позволяют интенсифицировать освобождение сверхтвердой основы режущих зерен от выполнившего свою предварительную защитную функцию металлического покрытия. Это осуществляется путем деактивации мест расположения УДА как очагов повышенной износостойкости, повышающих сопротивляемость такого покрытия вскрытию.

Природа этих возможностей является электрической и заключена, во-первых, в интенсификации плотности электрического поля вокруг нетокопроводных полых наночастиц УДА, способствующей электроразрядной атаке и механической деформации с разрушением этих наночастиц. Во-вторых, в допустимости кратковременного электрического импульсного нагрева, достаточной мощности и длительности для понижающей износостойкость графитизации оболочечной конструкции УДА.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 27-36.*

Ю. Г. Гуцаленко, В. В. Ивкин, А. В. Руднев, Харьков, Украина

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ И ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННОГО РАЗВИТИЯ МОДЕЛЬНОГО РЯДА СТАНКОСТРОЕНИЯ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

Разработка метода алмазно-искрового шлифования (АИШ) со времени его основания выполняется в НТУ «ХПИ» более 40 лет и является национальным приоритетом Украины. Этот метод является практически безальтернативной технологической идеологией эффективной обработки труднообрабатываемых токопроводящих материалов абразивным инструментом. Появление новых материалов повышенной функциональности, например, инструментального наноструктурного монокарбида вольфрама повышенной твердости по сравнению с традиционными твердыми сплавами, только подтверждает это, как показывает собственный исследовательский опыт НТУ «ХПИ». Однако в трудный для науки и промышленности Украины постсоветский

конверсионный, а теперь еще и мировой кризисный период, проявления которого в Украине ныне крайне обострены ее вовлечением в геополитические противостояния с неподдающимися оценке потерями людских и материальных ресурсов в региональном театре военных действий на собственной территории, научные исследования в этом направлении и освоение метода промышленностью, за редкими исключениями, почти прекратились. К тому же все предприятия-производители начальных партий специальных станков для реализации метода, кроме Мукачевского завода заточных шлифовальных станков, находятся за пределами Украины. Поэтому прогрессивный метод АИШ вошел сейчас в постоянную практику только немногих отечественных предприятий.

Именно преодолению этой ограниченности через формирование и донесение до потенциальных потребителей в реальном секторе экономики технологических основ и инвестиционной привлекательности АИШ в контексте вызовов современности, совместно с разработкой предложений по модернизации существующих универсальных станков для его реализации, посвящена выполненная в НТУ «ХПИ» в 2013-2014 гг. прикладная НИР «Разработка технических решений специальной модернизации универсальных станков и технологических баз данных для алмазно-искрового шлифования труднообрабатываемых материалов». Функциональным и эксплуатационным назначением применения разработанной по модернизационной конструкторской документации (КД) является подготовка универсальных шлифовальных станков к включению в электрическую цепь нагрузки автономного генератора электрической энергии шлифовального круга и обрабатываемой заготовки в процессе резания-шлифования с обеспечением токозащиты корпуса шлифовального станка.

Разработка электронной КД на модернизацию универсальных станков для реализации АИШ создает предпосылки для малозатратной модернизации существующего парка шлифовальных станков, в том числе морально устаревших, в высокоэффективное, прогрессивное оборудование с расширенными технологическими возможностями.

Весомость потенциально вовлекаемой в такую модернизацию части станочного парка в Украине и заинтересованность внешнего рынка определяются наличием большого количества промышленных предприятий (машино-, приборостроительные, оборонные и другие), на которых происходит обработка шлифованием изделий из труднообрабатываемых материалов.

Операции шлифования, в особенности круглого наружного и плоского периферийного круга, используются практически на всех машиностроительных предприятиях, поэтому рынок сбыта разработанной КД может быть очень большим. Удельный вес шлифовальных станков в общем объеме

металлорежущего оборудования постоянно возрастает и достигает, например, в подшипниковой промышленности и на автозаводах западных стран 80%. При этом массивы численности кругло- и плоскошлифовальных станков примерно одинаковы.

Авторы преследуют цель рыночной популяризации возможности и доступности специальной модернизации универсальных станков для АИШ как в условиях потребителей этих станков, так и в условиях их производителей с учетом последних современных наработок в *alma mater* метода – НТУ «ХПИ». Ближайшей задачей в контексте этой цели, решаемой представленным авторами обзором, является информирование промышленников и исследователей о конкретных объектах приложения выполненной по разработке электронной КД, как уже эксплуатируемых механообрабатывающими предприятиями, так и находящихся в станкостроительном производстве.

Разработка КД на модернизацию универсальных станков для реализации АИШ по, впервые выполненная в электронном виде (в современной программной среде САПР Аскон Компас-3D v.15), в техническом плане принципиально отличается от более ранних эксклюзивов, характерно представленных, прежде всего конструкторским решением токопровода к обрабатываемой заготовке и соответствующего схеме этого токопровода обеспечения токозащиты корпуса станка в его зоне.

В известных предшественниках разработанной КД в сопроводительных описаниях встречаются указания по этому поводу общего порядка, но строгие (чертежные) решения необходимой модернизации этой зоны не рассматриваются. Важно и то, что в нынешнюю разработку гибко вписывается разработанное и запатентованное НТУ «ХПИ» предложение изоляционных покрытий повышенной износостойкости для токозащиты корпуса станка в реализации технологий АИШ. При этом выполненная комплексная разработка и в целом, и во всех своих частях по отношению к постмодернизационной состоятельности технических возможностей базовых моделей станков по уровню требований к условиям эксплуатации, функциональным характеристикам, надежности и безопасности в полной мере исповедует восходящую к предтечам новой эры человеческой цивилизации и перекликающуюся с ключевыми определителями современного авангардного (шестого) технологического уклада *bio-cogno* сентенцию *primum non nocere* – прежде всего не навреди. Применение модернизационных приспособлений по разработанной КД, например, не создает препятствий автоматической блокировке подачи технологического тока и охлаждающей жидкости в рабочую зону после выхода шлифовального круга из обрабатываемой заготовки; не исключает, усложняет или ограничивает применимость станка для шлифования круглых наружных

поверхностей к обработке внутренних поверхностей с помощью комплектующей специальной оснастки; и т. д.

В контексте дополнений вышеупомянутых ключевых определителей шестого технологического уклада до их известного квартета, АИШ им (*nano-info*) органично по своей и информационной емкости, и потенциальной тонкости преобразований, особенно с учетом высокоскоростных перспектив с включением в массотрансформацию изменений состояния частиц атомно-молекулярного уровня.

Объектами прямого применения на механообрабатывающих предприятиях разработанной КД на модернизацию универсальных станков для реализации АИШ являются усовершенствованные приспособления круглошлифовального станка модели ЗБ12 и плоскошлифовального станка модели ЗГ71 для реализации на них рабочих процессов обработки круглых наружных (цилиндрических и конических, модель ЗБ12) и плоских (модель ЗГ71) поверхностей.

Выполненная разработка КД может быть также предметом неисключительной лицензии в первую очередь предприятиям-производителям с теми же базовыми моделями станков – армянскому АООТ «Шлифстанок», литовскому АО «Вингрэй» (модель ЗБ12 и последующая ее литовская модификация с незначительным усовершенствованием эстетического вида, эргономики и системы ручного управления станком – модель ЗУ12РА), беларусскому ОАО Станкозавод «Красный борец» в составе холдинга «Белстанкоинструмент» (модель ЗД711АФ – ближайший конструктивный аналог модели ЗГ71).

Выполненная разработка КД предоставляет этим предприятиям (АООТ «Шлифстанок», АО «Вингрэй», холдинг «Белстанкоинструмент») возможность конструкторски обеспеченного развития модельного ряда выпускаемого оборудования, расширения его технологических возможностей, в том числе поставкой по специальному заказу за отдельную плату вместе со станком соответствующей модернизационной оснастки, и (или) предоставления потребителям выпускаемых станков разработанных в НТУ «ХПИ» спецификаций и чертежей этой модернизации, в том числе их включением в состав руководств по эксплуатации.

Обострение кризисных явлений в условиях глобальной конкуренции товаров особенно стимулирует как заинтересованность производителей в энергоэффективных производственных технологиях высококачественной обработки с одновременной правкой инструмента в применениях современных алмазных шлифовальных кругов на металлических связках, так и пользователей к повышению их функционально-эксплуатационных показателей. Метод АИШ как технологическая парадигма по обеим группам требований (производителей и пользователей продукции) бесспорно отрабатывает инвестиции в свое дальнейшее развитие, поддержанное впервые

створеної електронної КД по модернізації універсальних шліфувальних станків для його розширеної реалізації.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 65-73.*

Ю. Г. Гуцаленко, В. В. Івкін, А. В. Руднев, Е. К. Севидова, І. І. Степанова
Харьков, Україна

СТАНКОИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПОКРЫТИЯ ПОДДЕРЖКИ АЛМАЗНО-ИСКРОВОГО ШЛИФОВАНИЯ

В конвенциональных подходах к организационно-техническому обеспечению операций алмазно-искрового шлифования (АИШ) подводом в зону обработки дополнительной энергии в форме электрических разрядов, как в специальном станкостроении, так и при специальной модернизации универсального оборудования его потребителями, предусматривается электроизоляция шпинделя станка. При этом в базовую конструкцию вводятся новые (нетокопроводные) элементы (детали), служащие необходимым барьером электрическому току в функционально запрещенных направлениях, но повышающие степень сборочной сложности и понижающие жесткость и геометрическую точность функционирования технической системы.

Шлифовальный инструмент как объект барьерных технических решений, обеспечивающих нетокопроводность его контакту с посадочным местом на металлической планшайбе станка, в известной исследовательской и производственной практике не рассматривается.

В преодолении этих недостатков альтернативой объемно-массивной текстолитовой изоляции является применение специально разработанных диэлектрических покрытий, наносимых на прочную основу базовых деталей (элементов), конструктивно требующих электроизоляции, в традиционном исполнении изготавливаемых из конструкционной стали (планшайба) и конструкционных сплавов, прежде всего алюминиевых (несущий корпус инструмента).

Инверсия задачи электроизоляции металлического корпуса шлифовального круга от стальной планшайбы шлифовального станка в сторону инновационного решения инструмента может быть решена нанесением специальных диэлектрических покрытий на поверхности соприкосновения корпуса инструмента с планшайбой станка, т. е. на цилиндрическую посадочную отверстие и примыкающие к ней торцевые, по одной из которых, обращенной к планшайбе, происходит позиционирование

на ней, а друга, на певному, достатньому для токозахисти планшайби удаленні від її посадочної зовнішньої циліндричної поверхності, повинна бути вільною від електроізоляційного покриття для можливості здійснення через неї токопідводу до алмазно-металічної композиції робочої частини шліфувального круга.

Додатково до раніше опублікованої інформації про розробках пропонується презентація містить дані про їх патентну захист.

Розроблені в НТУ «ХПІ» зносостійкі електроізоляційні покриття пропонуються підприємствам станкоінструментальної галузі, що виробляють шліфувальні станки і круги з твердих матеріалів на токопроводячих зв'язках, для розвитку універсалізації цих виробів в напрямку їх потенційного використання споживачем в електрофізичних технологіях АІШ. Розв'язання завдань адаптації станків і інструментів для АІШ в умовах виробництва-виробників серед іншого мотивується наступними аспектами ринкової привабливості покращеної продукції: по-перше, підготовлений до АІШ інструмент не потребує переделу шпиндельного вузла універсального станка його споживачем або виробником.

По-друге, використання електроізоляційних зносостійких покриттів на контактних з інструментом поверхнях планшайби станка в умовах підприємств-виробників універсальних шліфувальних станків створює конструктивно вирішальні передумови для організації споживачем станка АІШ і інших електрофізикохімічних технологій, оскільки наступні модернізаційні заходи (включення в станочну систему джерела-генератора технологічного струму і забезпечення токопідводу в зону різання) вже не потребують втручання в формообразувальну точність шліфувальних станків, забезпечену в станкобудівній промисловості.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 59-63.

О. Г. Дерев'янченко, С. К. Волков, Д. О. Криничин, Одеса, Україна

КОНТРОЛЬ СТАНІВ СИСТЕМИ ЕЛЕМЕНТІВ РІЗУЧОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦІВ В ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ МАГАЗИНІ ВЕРСТАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ СТЗ

Питання контролю станів різучої частини (РЧ) різальних інструментів (РІ) з використанням систем технічного зору (СТЗ) розглянуті в ряді робіт. Приведено результати розробок відповідних стендових систем контролю РІ.

Однак для сучасних систем класу ГВМ контроль інструментів поза верстату призводить до неприпустимих простоїв та збитків. Тому розробка підходу до створення та дослідження систем контролю РІ в зоні інструментального магазину (ІМ) верстату є актуальною.

Ріжуча частина інструментів (зокрема – різців) уявляє собою систему елементів зі змінною структурою. Ці елементи (робочі поверхні та ріжучі кромки) мають різну, параметрично обумовлену орієнтацію у просторі інструментальної системи координат. В процесі зношування різців ця орієнтація змінюється. Очевидно, що для контролю кожного з названих елементів відповідна система повинна мати спеціальні пристрої для автоматичного (чи автоматизованого) настроювання цифрових камер СТЗ.

Метою даної роботи є викладення деяких результатів розробки системи контролю РЧ РІ в інструментальному магазині свердлильно – фрезерно – розточувального (СФР) верстату та формування з її використанням моделей динаміки ріжучої частини.

Розроблено систему контролю станів елементів РЧ РІ в інструментальному магазині СФР – верстату. Працездатність системи та програмного комплексу контролю, формування моделей динаміки РЧ, діагностування та прогнозування остатнього ресурсу РІ перевірено та підтверджено на прикладі оцінки станів розточувальних різців.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 74-78.

О. Г. Дерев'янченко, Д. О. Криницин, Одеса, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ГЛИБИНИ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНІВ РІЗАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ РІЗЦІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ

В ОНПУ розроблено основні модулі інтелектуальної системи діагностування поточних станів ріжучої частини (РЧ) різальних інструментів (РІ) та прогнозування їх залишкового ресурсу (СДПРРІ), відповідні стенди моніторингу інструментів з використанням систем технічного зору (СТЗ). У структурі СДПРРІ розроблено модулі, що забезпечують розпізнавання різноманітних класів зношування РІ (зокрема – різців) та їх поступових відмов – внаслідок зношування або втрати якості обробки. Разом с тим системою може бути пропущена відмова РІ внаслідок руйнування РЧ. Такі відмови (зокрема – відколи РЧ) іноді трапляються при чистовій обробці (внаслідок розвитку внутрішніх дефектів РЧ) і досить часто – при напівчистовій обробці. Внаслідок помилкового діагнозу у СДПРРІ

інструмент не передається в модуль відновлення РЧ, а повертається до інструментального магазину (ІМ) верстату для подальшого використання. Наслідком цього є брак деталі, аварії верстату. Отже необхідність розпізнавання відколів РЧ є очевидною.

Метою даної роботи є викладення деяких результатів розробок підходу, алгоритму та класифікатору діагностування відмов різальної частини різців внаслідок руйнування – відколів РЧ, що суттєво підвищує глибину діагностування РІ з використанням СТЗ.

Розроблено підхід, алгоритм та класифікатори для комбінованого діагностування відмов РЧ різців внаслідок зношування та руйнування (відколів), підтверджено їх працездатність. Використання розробок в загальній структурі СДПРР суттєво підвищує глибину діагностування РІ з використанням СТЗ.

Набув подальшого розвитку метод діагностування відмов РІ на базі диференційної обробки контурів зон зношування та руйнування різців для чистової та напівчистової обробки. Це поширило універсальність розроблених методів оцінки станів РІ з використанням СТЗ.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 53-58.

О. Г. Дерев'янченко, Д. О. Криницин, К. В. Стасюк, Одеса, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОТОЧНИХ СТАНІВ ФОРМОУТВОРЮЮЧОЇ ДІЛЯНКИ РІЗАЛЬНИХ КРОМОК РІЗЦІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СТЗ

Відомо, що формують ділянку різальних кромок (ФДРК) різців для чистової та фінішної обробки є важливим елементом структури цих різальних інструментів (далі – РІ). Профіль ФДРК та просторове положення її вершини, значення радіусу при вершині (r), безпосередньо впливають на розмір та шорсткість обробленої поверхні деталі, поточну товщину зрізу, загальну можливість обробки фасонного профілю. Отже, параметри ФДРК безпосередньо впливають на якість обробки.

В процесі експлуатації та зношування РІ послідовно виникає безліч поточних станів ФУРК, що часто призводить до виникнення відхилень значень відповідних параметрів від початкових. Згідно з роботою, геометричні неточності ріжучої частини (РЧ) інструменту можуть призвести до похибок обробки. Виникають зміни розрахункової траєкторії внаслідок зміщень вершини РІ. Важливим параметром стану інструменту є радіус при вершині. Його величина r має кілька стандартизованих значень в діапазоні

0,4-1,6 мм. При фасонному точінні формування поверхні проводиться різними точками, що лежать на криволінійній ділянці РК. Фактично різець зазвичай має радіус при вершині, що відрізняється від заданого на величину Δr . Внаслідок цього виникають похибки обробки деталі.

На етапі рівномірного зношування РІ спостерігається лінійна залежність розмірного зносу від шляху різання. Це дозволяє компенсувати його вплив на точність обробки за допомогою коректорів. Розглянуті матеріали вказують на очевидну необхідність оперативного контролю поточних значень параметрів ФДРК РІ та внесення відповідних корекцій перед обробкою кожної нової деталі.

Метою даної роботи є викладення деяких результатів розробок підходу до визначення параметрів формоутворюючої ділянки різальних кромки (РК) різців з застосуванням системи технічного зору (СТЗ) для внесення відповідних корекцій в параметри процесу обробки.

Розроблено підхід до визначення комплексу параметрів поточних станів формоутворюючої ділянки різальних кромки різців. Його засновано на обробці послідовності цифрових зображень привершинної ділянки різальної частини, що реєструються з використанням систем технічного зору в структурі спеціальної діагностичної системи. Створено відповідний програмний комплекс

Оперативне отримання цих параметрів забезпечує, на думку авторів, інформаційну платформу для виконання поточних корекцій ряду параметрів процесу обробки, що дозволить підтримувати задану якість деталі на необхідному рівні.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 64-71.*

В. О. Залога, Ю. О. Денисенко, О. В. Івченко, Суми, Україна

СИСТЕМА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Стан справ всіх сфер господарчої діяльності сучасних машинобудівних підприємств відображають (характеризують) відповідні техніко-економічні показники (ТЕП). Кожен показник характеризує підприємство чи його окремих підрозділ за напрямками, як зовнішньої, так і внутрішньої діяльності. Своєчасний аналіз ТЕП з боку керівництва підприємством дозволяє оцінити переваги чи недоліки структури підприємства, а також якість перебігу відповідних процесів та своєчасно обрати (відкоригувати) необхідну стратегію діяльності підприємства.

Аналіз ТЕП підприємства в цілому або його відповідних (складових) підрозділів (виробництв) можна проводити різними шляхами: порівнянням між собою; порівнянням з аналогічними показниками інших споріднених підприємств (підрозділів, виробництв); порівняння фактичних ТЕП свого підприємства (відповідного підрозділу або виробництва) із плановими значеннями.

Відомо, що значний вплив майже на всю господарську діяльність підприємств має інструментальна підготовка виробництва (ІПВ), яка включає: діяльність з технологічного контролю конструкторської документації на предмет технологічності конструкції, міжвидової і внутрішньовидової уніфікації виробів, їх складових частин і конструктивних елементів (лінійні розміри, радіуси, діаметри, фаски, різьблення, пази, матеріали, покриття й т.і.); проведення маркетингових досліджень і укладання договорів на придбання інструментів і технологічного оснащення; організація виготовлення інструментів й оснащення, організація зберігання інструментів й оснащення; організація доставки інструментів й оснащення до робочих місць; організація експлуатації інструментів й оснащення; організація обліку й контролю використання інструментів й оснащення; організація ремонту й відновлення інструментів й оснащення; аналіз ефективності використання інструментів й оснащення; розробка й економічне обґрунтування організаційно-технічних заходів щодо поліпшення використання інструментів і технологічного оснащення й ін. Сучасні великі промислові підприємства використовують у своїй діяльності велику кількість різноманітних інструментів і пристосувань. Наприклад, у комплект інструментів для виробництва тільки однієї марки бурового агрегату (нафтове машинобудування) входить понад двох тисяч типорозмірів інструментів й пристосувань, а також численне технологічне оснащення (ТО) для ливарних, гальванічних, термічних та інших процесів, у т.ч. до п'ятисот штампів і прес-форм. Частка витрат на їхнє придбання й виготовлення в собівартості продукції підприємства може становити до 30 %. Запаси (резерви) інструментів, пристосувань і ТО у грошовому вираженні можуть досягати 30 – 40 % загальної суми обігових коштів підприємства. Тому покращення системи ТЕП ІПВ сучасного машинобудівного підприємства є актуальним напрямком в підвищенні його ефективності.

Одними з найефективніших напрямів покращення системи ТЕП ІПВ, особливо в умовах багатотономенклатурного виробництва є впровадження процесного підходу (у відповідності з вимогами міжнародного стандарту ISO 9001) та використання сучасних інформаційних технологій, в основі яких лежать системні методи. Разом з тим, аналіз довідкової літератури та наукових джерел показав, що ТЕП ІПВ сучасних машинобудівних підприємств або систематизовані недостатньо, або майже зовсім не систематизовані, що не дозволяє проводити (з метою вдосконалення системи

ІПВ) ефективний аналіз її основних ТЕП, які використовуються для фінансової звітності як відповідних підрозділів інструментального виробництва (ІВ), так і підприємства в цілому. Для більш ефективного забезпечення якості діяльності інструментального господарства підприємства його запропоновано ділити на два рівні (тактичний і оперативний). Аналіз літературних джерел показав, що в умовах впровадження програмних засобів з автоматизації різних робіт як управлінського, так і виробничого характеру, необхідно вдосконалювати діяльність підприємства шляхом розробки та впровадження таких інформаційних систем управління виробництвом, що відповідають вимогам і принципам CALS-технологій. Таким чином, окрім вже створених та вже достатньо широко впроваджених на багатьох підприємствах систем управління різними видами діяльності виробництва (підрозділів) - систем управління якістю, систем управління охороною навколишнього середовища та ін. – є доцільним розроблення також і інформаційні системи техніко-економічних показників ІПВ (ІС ТЕП ІПВ).

Метою роботи є розроблення основних принципів створення універсальної інформаційної системи техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва, яка може забезпечити суттєве підвищення ефективності сучасного машинобудівного підприємства.

В процесі діяльності підприємства оснащення усіх його виробничих процесів високоякісними інструментами, пристосуваннями і ТО, що можуть гарантувати випуск конкурентоспроможної продукції (надання послуг), повинне забезпечуватися усіма підрозділами інструментального виробництва (ІВ) такими видами його діяльності, як управління: інструментальним виробництвом та його персоналом; якістю всієї інструментальної продукції, у т.ч. і покупної; охороною навколишнього середовища та охороною праці персоналу.

Впровадження ІС ТЕП ІПВ дозволить всебічно управляти як результатом, так і динамікою розвитку процесів, що входять до ІС ІПВ.

Запропоновано розглядати в ІС ТЕП ІПВ наступні види діяльності:

- а) організаційно-економічні;
- б) виробничі;
- в) управління якістю;
- г) екологічні;
- д) соціальні.

За результатами досліджень:

1. Показано, що в наш час поліпшення системи ТЕП є актуальним питанням, про що говорить достатня кількість праць, але в яких питання поліпшення ТЕП ІПВ, як правило відсутні. Тому в роботі запропоновані принципи створення ТЕП ІС ІПВ, які враховують специфіку протікання процесів в ІВ.

2. ТЕП ІС ІПВ запропоновано класифікувати за:

- рівнями управління (оперативний та тактичний);
- видами діяльності: організаційно-економічні, виробничі, управління якістю, екологічні; соціальні;
- відповідним результуючим значенням показників ТЕП, які:
 - а) обраховуються за відносною шкалою від 0 до 1;
 - б) мають оптимальне або регламентоване абсолютне значення;
 - в) визначаються згідно логічних суджень експертів (бальна система оцінювання).

3. Запропоновано систему комплексних техніко-економічних показників ІПВ, яка дозволяє підвищувати ефективність сучасного машинобудівного підприємства шляхом проведення аналізу результатів оцінювання техніко-економічного рівня ІПВ на основі врахування вимог міжнародних стандартів на системи менеджменту (управління) ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 та ін.

4. Запропонована система ТЕП ІС ІПВ може бути використана для раціоналізації діяльності (мінімізація витрат на ІПВ або пошук технології реалізації інструментального забезпечення в найкоротший термін) з питань, пов'язаних з ІПВ машинобудівних підприємств як на оперативному, так і на тактичному рівнях управління.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різнання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 79-89.

В. О. Залога, Р. М. Зінченко, Ю. В. Шаповал, Суми, Україна

ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ ШЛЯХОМ ЗМІНИ ШВИДКОСТІ РІЗАННЯ В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ

При обробці металів різанням відомі як позитивні, так і негативні наслідки дії коливань, – як тих, що виникають в технологічній системі безпосередньо в процесі різання (автоколивань), так і вимушених, що спеціально вводяться в зону різання. З одного боку, при певних амплітудах й частотах ці коливання можуть призводити до покращення процесу руйнування й відділення від заготовки зрізаного шару та зменшення інтенсивності зношування інструменту і підвищенню його стійкості за рахунок: полегшення пластичної деформації, зменшення коефіцієнта тертя на передній і задніх поверхнях леза інструменту, покращенню відведення стружки, помітного зниження сил різання і виділення тепла, зменшення адгезійних явищ тощо. З іншого боку, циклічне навантаження інструменту, що обов'язково супроводжує процес різання при наявності вібрацій, може викликати, як правило, при збільшених амплітудах коливань, втомне руйнування тих ділянок різальних кромки інструменту, що знаходяться в

контакті зі зрізаним шаром, стружкою та поверхнями на оброблюваній деталі (заготовці). Тому при перевищенні деякого граничного значення амплітуди коливань починає швидко підвищуватися інтенсивність зношування інструменту і, відповідно, знижуватися його стійкість. Цьому сприяє і суттєве збільшення довжини шляху, який проходить інструмент у контакті зі стружкою і поверхнями на оброблюваній деталі. Крім того, при збільшенні амплітуди коливань погіршується (збільшується) шорсткість обробленої поверхні. Слід зазначити, що при чистовій обробці будь-яких матеріалів будь-які коливання у технологічній системі мають негативний вплив на якість поверхні. Одним з ефективних напрямків управління вібраційними процесами при механічній обробці є зміна швидкості різання. Метою даної роботи є розробка методики управління вібростійкістю інструменту при точінні шляхом зміни швидкості різання.

На базі токарного верстата з ЧПК розроблено експериментальний стенд, оснащений модулятором та первинними датчиками обертів шпинделя, току та напруги силового перетворювача приводу головного руху, вібрацій, За допомогою модулятора сигнал, який подається системою числового програмного керування, перетворюється за синусоїдальним законом, причому амплітуду та частоту коливань можна змінювати.

Для дослідження вібростійкості процесу точіння розроблено методику визначення реальної частоти обертання шпинделя, яка включає в себе: зчитування даних, примінення фільтрації, виділення характерних піків, створення масиву часових даних, розрахунок миттєвої частоти обертання шпинделю.

Розроблені методики дозволили виконати аналіз динамічного стану системи у процесі роботи силового перетворювача приводу головного руху. Експериментально підтверджено, що зміна значення функції потужності вібраційного сигналу пропорційна крутному моменту головного двигуна, а саме: без навантаження верстата різанням, розгін і гальмування шпинделя відбувається за рахунок реверсу полярності на якорі головного двигуна.

Розроблено методику дослідження вібраційних процесів за наступним алгоритмом: проводиться налагодження верстата і встановлення режимів оброблення (подача, глибина різання, швидкість різання – частота обертання шпинделю); проводиться експеримент із фіксацією даних з датчиків вібрацій та обертів шпинделю послідовно для обробки із модуляцією частоти обертання та без модуляції; обробка даних за розробленими методиками і побудова спектрів та графіків, які характеризують процес обробки; оцінювання рівню вібрацій при ввімкненій та вимкненій модуляції; оцінювання якості обробленої поверхні по зразкам (шаблонам) шорсткості.

В результаті обробки експериментальних даних встановлено, що при накладенні модуляції виникають два варіанти: перший – зменшується амплітуда коливань як по всьому спектру (у середньому на 5-10 дБ), так і

деяких піків (у середньому на 20 дБ); другий – зменшується загальний рівень коливань по всій довжині спектру в середньому на 5дБ.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 59-70.

В. О. Залога, О. В. Івченко, О. О. Залога, Суми, Україна

СИСТЕМА ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЯКІСТЬ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЗАКУПІВЛІ МЕТАЛОРИЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Машинобудівна промисловість відіграє велику роль у розвитку продуктивних сил країни, у роботі з прискорення науково-технічного прогресу та підвищення ефективності національної економіки. Машинобудування в нашій країні є органічною складовою майже кожного напрямку промислової діяльності України. Це одна з територіально найбільш поширених галузей господарства України, основним призначенням якої є виготовлення деталей до них та збирання з них вузлів та виробів у відповідній галузі (легкій та харчовій промисловостях, верстатно- та приладобудуванні, транспортному та важкому машинобудуванні тощо), що відповідають сучасним вимогам до високоефективної конкурентоспроможної продукції. Основу машинобудування становить матеріалообробка. Найбільш поширеними оброблюваними матеріалами у теперішній час є традиційні метали і їхні сплави, в першу чергу конструкційні сталі й чавуни, для яких достатньо добре розроблені та перевірені на практиці умови й режими оброблення.

За останні роки значно збільшилися номенклатура та питома вага серед оброблюваних різними технологічними способами (литтям, механічною обробкою (тиском та різанням), зварюванням, термічною обробкою та ін.) матеріалів (металів і їх сплавів з особливими властивостями (нових нержавіючих, високотвердих та високоміцних, жароміцних тощо), а також різного роду неметалічних матеріалів, у т.ч. композиційних) для значної більшості з яких треба виконувати процедуру визначення оптимальних умов оброблення у зв'язку з їх відсутністю у вигляді затверджених (офіційних) нормативів, рекомендацій, інструкцій та ін., що потребує, як правило, значних людських, матеріальних і часових витрат на проведення відповідних досліджень.

Сучасні машинобудівні підприємства у своїй діяльності використовують велику номенклатуру оснащення та інструментів, яка постійно розширюється

у зв'язку з необхідністю обробки «нових» для відповідної галузі конструкційних (оброблюваних) матеріалів. За оцінками фахівців, частка витрат на придбання й виготовлення технологічного оснащення в собівартості продукції підприємства традиційно складає до 30 %, запаси інструментів і пристосувань у грошовому виразі досягають до 40 % загальної суми оборотних коштів підприємства; в інструментальних цехах і ділянках машинобудівної промисловості зосереджено до 20 % устаткування, до 10 % робочих від числа зайнятих в основному виробництві; проектування і виготовлення комплекту технологічного оснащення по трудомісткості складає до 80%; по тривалості – 90 % від загальних витрат на технологічну підготовку виробництва нових виробів машинобудування.

Таким чином, виготовлення продукції або надання послуг машинобудівним підприємством у відповідній галузі народного господарства України потребує використання певного інструменту, оснащення, пристроїв, які визначені технологією виготовлення відповідних виробів. Більш того, в умовах швидкозмінних вимог споживачів особливою метою будь-якого машинобудівного підприємства стає виконання стратегії «бути швидше», що залежить від гнучкості виробництва, тривалості впровадження нової продукції у виробництво та ін. За останні роки значно збільшилась кількість (питома вага) багатонаменклатурних виробництв, як правило, з індивідуальним та дрібносерійним типами організації роботи. Основними особливостями цих підприємств в частині організації їх інструментальної підготовки є те, що виготовлення оснащення та інструментів «своїми» силами, тобто шляхом їхнього вироблення в інструментальних та інших цехах, навіть у тих випадках, коли вони вже є, стає настільки нерентабельним, що може не тільки значно знижувати конкурентну спроможність продукції всього виробництва, але супроводжуватись його банкрутством. Одним з ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є організація інструментальної підготовки виробництва зі значним збільшення питомої ваги покупних інструментів та технологічного оснащення, які виготовляються спеціалізованими підприємствами (фірмами), на великий жаль, як правило, іноземними (Sandvik, Kennametal, Härtel, Gühring та ін.), що мають в Україні у достатній мірі розвинену дилерську мережу. У цій мережі досить часто має місце ситуація, коли пропозиції з одного й того самого інструменту або технологічного пристрою можуть суттєво різнитися як за ціною, так й за термінами постачання. Тому розробка принципів організації інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства в частині закупки різального інструменту та технологічного оснащення є задачею актуальною й своєчасною. Враховуючи ту обставину, що обробка різанням серед інших видів формообразуючих процесів є переважаючою (у загальній структурі обладнання близько 98 % займають металорізальні верстати (78 % для лезової й 20 % для абразивної) та лише 2 % обладнання

для електрохімічної, електрофізичної, комбінованої та інших видів обробки), метою цієї роботи є розробка основних принципів організації інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства в частині закупки металорізального інструменту на основі визначення факторів, що впливають на якість цієї підготовки.

На машинобудівних підприємствах, де виробляють складну й трудомістку продукцію, номенклатура інструменту, що застосовується, досягає десятків тисяч найменувань. Для забезпечення виробництва необхідними компонентами на підприємствах, як правило, вже існує інструментальна підготовка виробництва, яка повинна забезпечувати у задані терміни основне виробництво інструментом і оснащення встановленого рівня якості з найменшими витратами як за рахунок виготовлення інструментів та оснащення безпосередньо на своєму виробництві, так і за рахунок використання покупного інструментального оснащення. Показано, що за останні часи питома вага покупного оснащення постійно зростає.

Результати проведеного дослідження діяльності машинобудівних підприємств вказують на те, що однією з тенденцій розвитку сучасного машинобудівного підприємства є так званий аутсорсінг бізнес-процесів, а саме, передача функцій інструментальної підготовки виробництва, в частині проектування та виробництва інструменту та оснащення шляхом купівлі, наприклад, металорізального інструменту, стороннім організаціям вже займає до 85 % об'єму інструментів та оснащення, що використовується у машинобудівній галузі.

Статистичні данні щодо виготовлення та розповсюдження металорізальних інструментів вказують на відносно велику кількість організацій, що виготовлюють та розповсюджують відносно велику номенклатуру інструментів та оснащення і надають різноманітний спектр послуг стосовно інструментальної підготовки виробництва. В той же час, аналіз показує, що серед лезового інструменту, займають більше 50 % ринку металорізального інструменту, що купують машинобудівні підприємства, займають тільки різці, фрези та свердла.

Розроблена система факторів, що впливають на якість інструментальної підготовки машинобудівного підприємства в умовах закупівлі металорізального інструменту, які пропонується поділити на чотири рівні (групи факторів). Запропоновано одну групу – економічні фактори – використовувати в якості критеріїв оптимізації робіт з інструментальної підготовки машинобудівного підприємства, а три інші (технічні характеристики виробництва, технічне завдання, якість інструменту) – в якості обмежуючих факторів.

Показано, що на вітчизняних підприємствах майже не проводиться оцінювання якості металорізального інструменту, що купується у постачальників. Це пов'язано, насамперед, з:

- відсутністю нормалізованих (стандартизованих) методик визначення показників їх якості (мається на увазі металорізального інструменту, а не якості послуг постачальників), які б були признані як з боку покупця, так й з боку постачальника (виробника цього інструменту);
- важкістю однозначного визначення показників, що регламентують якість металорізального покупного інструменту, які б у повній мірі відповідали вимогам до нього в залежності від специфічних особливостей підприємства (конкретний оброблюваний матеріал, тип і стан обладнання, кваліфікація персоналу тощо).

На сьогодні рішення щодо вибору інструменту та оснащення приймаються, як правило, на основі суб'єктивної думки спеціалістів підприємства або за результатами експериментів, які, в першому випадку, часто призводить до великої ймовірності помилок, а в другому – до великих економічних витрат часу та фінансових ресурсів підприємства.

Показано, що створення нових та вдосконалення наявних засобів і методів оцінювання якості різального інструменту та їх нормативного забезпечення є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого дозволить підвищити продуктивність і надійність технологічної системи, значно скоротити терміни технологічної підготовки виробництва та запуску нових виробів, забезпечити конкурентоспроможність продукції вітчизняного машинобудування.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 201-213.*

В. О. Залога, В. В. Нагорний, Суми, Україна

ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МЕТАЛООБРОБНОГО ВЕРСТАТУ

В даний час підприємства проводять обслуговування верстатів або за системою планового-попереджувального ремонту (ППР) або експлуатують обладнання до його відмови або в деяких випадках навіть і поломки. При проведенні капітальних ремонтів відбувається повне розбирання верстатів, з подальшою дефектацією деталей і комплектуючих на основі їх огляду. Даний підхід вимагає значних витрат трудових ресурсів, що, однак, не гарантує безаварійності роботи верстата в міжремонтний період. Тому важливою складовою підвищення ефективності металооброблення є впровадження сучасних методів діагностування технічного стану верстатного обладнання, що дозволяє обслуговувати обладнання за його фактичним станом.

Методи, які засновані на тому, що технічний стан верстата оцінюється без його розбирання, називаються методами безрозбірної дефектації.

При цьому визначаються окремі вузли і деталі, які мають дефекти, і тому ремонт проводиться цілеспрямовано з метою усунення конкретних дефектів.

Це забезпечує стабільність роботи виробництва, дозволяє прогнозувати час безаварійної роботи обладнання, заздалегідь замовити необхідні комплектуючі для проведення ремонту, а вартість обслуговування обладнання може знижуватися до 40-50%.

Впровадження безрозбірної дефектації дозволяє:

- 1) в період експлуатації і технічного обслуговування обладнання:
 - проводити експрес-аналіз технічного стану верстата;
 - визначати і при необхідності підвищувати технологічну точність верстата;
 - визначати дефекти, у тому числі приховані, і усувати їх на етапі виникнення;
 - прогнозувати зношування вузлів і деталей верстата;
 - планувати терміни проведення ремонту, замовлення Комплектуючих і запчастин для ремонту;
- 2) при проведенні ремонтних робіт:
 - планувати обсяг ремонтних робіт;
 - підвищити якість ремонту;
 - знизити вартість ремонту в 1,5-2 рази;
 - скоротити терміни виконання ремонтних робіт в 1,5 рази.

Безрозбірна дефектація виконується за допомогою різноманітних методів вібродіагностики технічного стану верстата, один з котрих якраз і розглядається в даній статті.

Найбільш інформативним інструментом для ідентифікації дефектів верстата є отримання його вібраційних характеристик. Так відомо, що амплітуди вібрації відповідних елементів верстатів безпосередньо позначаються на якості обробленої деталі, що і визначає точнісні показники. При роботі верстатів виникає широкий спектр коливань, природа яких має як стаціонарний, так і нестаціонарний характер. Можуть мати місце як вимушені коливання, так і автоколивання. У свою чергу автоколивання розрізняються: а) при продуктивній роботі (різанні); б) при роботі на холостих ходах. Оскільки динамічні складові сил різання в більшості випадків мають нелінійний характер, то для ідентифікації дефектів власне верстата найбільш доцільним є режим його функціонування на холостому ході. У цьому режимі вібраційні характеристики верстата в цілому визначаються роботою саме тих деталей і вузлів, що вимагають діагностування.

Вібродіагностика дозволяє визначати дефекти тих чи інших конструктивних елементів верстата, наприклад: підшипників (зношування зовнішнього або внутрішнього кільця, перекіс зовнішнього кільця, зношування кульок або роликів); биття або перекіс валів і шпинделів; зношування шестерень у коробках швидкостей або подач, а також похибка зачеплення кожної передачі; зношування деталей кулько-гвинтової пари (гайок, гвинта, кульок, перекіс гвинта кулько-гвинтової передачі) тощо.

Аналіз відомих і найбільш прийнятних для діагностування технічного стану металообробного обладнання показав, що вони мають такі недоліки, що суттєво знижують як перелік контрольованих дефектів, так точність їх визначення. Наприклад, у відомому способі діагностування елементів технологічної системи, як замкнутої динамічної системи «верстат – пристосування – інструмент – заготовка», пропонується встановлювати «слабкий» (дефектний) елемент конструкції верстата шляхом аналізу записаної колограми поперечного перерізу оброблюваної заготовки. По цій колограмі можна отримати як спектр відносних коливань між інструментом і заготовкою, так і виявити домінуючі частоти власних коливань елементів замкнутої динамічної системи верстата при різанні. Дефектний елемент конструкції верстата встановлюють шляхом порівняння домінуючих частот із частотами заздалегідь знайдених власних коливань основних елементів верстата. До основних недоліків цього способу, що можуть призводити до суттєвих помилок в діагностуванні слабого елемента, можна віднести:

1) необхідність зняття колограми для виявлення з її допомогою спектра відносних коливань між інструментом і заготовкою;

2) необхідність математичної обробки спектра відносних коливань між інструментом і заготовкою з метою отримання домінуючих частот;

3) діагностування здійснюється в процесі різання, коли динамічна система верстата є замкнутою, що істотно спотворює вібраційний сигнал, що встановлюється за допомогою колограм.

Існує також спосіб визначення люфтів приводу верстата, який полягає в тому, що вимірюють спектр обвідної вібраційного сигналу при переміщеннях приводу верстата на всьому робочому діапазоні, після чого визначають спектр обвідної вібраційного сигналу при переміщенні приводу верстата в величинах, що відповідають тим можливим люфтам в приводі верстата, які треба знаходити. Далі визначають середні значення пікфакторів при двох режимах роботи верстата на частотах, що відповідають частоті тіл кочення або кратних ній. Фактичний люфт у відповідному приводі верстата знаходять шляхом порівняння отриманих двох режимів роботи верстата середніх значень пікфакторів. Недолік даного способу полягає в тому, що, по-перше, перелік дефектів, які при цьому виявляються, обмежений лише дефектами підшипників кочення у відповідному приводі і, по-друге, він не дозволяє прогнозувати момент досягнення дефектами свого гранично

допустимого ступеню для своєчасної зупинки верстата на ремонт і уникнення таким чином його можливої аварії.

Метою даної роботи є розроблення способу діагностування технічного стану верстата, який би дозволив підвищити точність визначення відповідного дефекту з одночасним прогнозуванням моменту досягнення ним свого гранично допустимого ступеню, що дозволить уникнути можливої аварії верстату за рахунок його своєчасної зупинки на ремонт.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 71-79.*

В. О. Залога, О. Д. Пирогов, П. В. Рибалка, Є. В. Діденко, Суми, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОБРОБКИ ОТВОРІВ З ГЛУХИМИ ШПОНКОВИМИ ПАЗАМИ

У машинобудуванні існує широка номенклатура деталей із шліцевими та шпонковими з'єднаннями. Наприклад, для насособудування характерними прикладами є: робочі колеса (РК), диски розгужочні, напівмуфти, втулки дистанційні тощо. В процесі обробки шліцевих та шпонкових пазів (ШП) можуть виникати такі відхилення форми та розмірів отворів, які в подальшому спричиняють труднощі у забезпеченні необхідної точності відповідних складальних одиниць, наприклад, роторів відцентрових насосів або компресорів, що у багатьох випадках може супроводжуватися як неможливістю складання тієї або іншої машини в цілому, так і суттєвим зниженням її працездатності та довговічності. Тому підвищення якості складальних процесів за рахунок удосконалювання технологічних процесів виготовлення усіх деталей основних складальних одиниць енергетичних машин є задачею актуальною і своєчасною. Особливо це стосується сучасних високооборотних роторних машин (насосів, компресорів) у зв'язку з постійним ростом вимог до їх функціональних характеристик, що пов'язані з підвищенням показників вібронадійності та зменшенням радіальних зазорів між деталями, які є нерухомими (статором) та обертаються (ротором). Метою цієї роботи є аналіз виробничих технологічних процесів та удосконалення технології фінішної обробки центрального отвору з глухим ШП однієї з основних деталей ротора відцентрової машини високого тиску – РК.

У результаті виконаної роботи можна зробити наступні висновки:

1) якість однієї з основних складальних одиниць високооборотних роторних машин (відцентрових насосів та компресорів) ротора в значній мірі залежить від якості отворів у РК, які мають, як правило, закриті переривчасті поверхні (шпонкові або шліцьові);

2) наявність внутрішніх закритих переривчастих поверхонь суттєво впливає на якість (точність) механічної обробки різанням РК, а, відповідно, і на основні експлуатаційні показники машини в цілому: економічність, надійність і довговічність роботи;

3) аналіз існуючих (заводських) технологічних процесів і фактичних виробничих умов виготовлення РК, центральні отвори яких мають закриті шпонкові та шліцеві пази, підтвердив їхні недоліки у забезпеченні потрібної якості (точності) та показав необхідність їх удосконалення;

4) підтверджена наявність зв'язків технологічної спадковості протягом всього маршруту виготовлення центральних отворів РК;

5) визначені найбільш значущі фактори, що впливають на ключові вихідні параметри відцентрових роторних машин, та запропоновані шляхи зменшення (або усунення) їх впливу на величину похибок;

6) запропоновані удосконалені конструкції хонінгувальних головок та технологічні процеси обробка центральних отворів робочих колес із закритими шпонковими та шліцевими пазами;

7) запропонована конструкція нового гібридного інструменту («хонопритира»), використання якого дозволило сумістити дві технологічні операції (хонінгування та притирку) і підвищити точність оброблених поверхонь із закритими пазами.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 80-91.

С. А. Зелинский, В. В. Натальчишин, Одесса, Украина

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МОДУЛЯЦИЕЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ В МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ С ЧПУ

В авиационной, энергетической и других отраслях машиностроения достаточно широко применяется класс деталей сложной криволинейной формы, таких как, моноколеса, турбинные лопатки, лопасти и т. д. Как правило, это ответственные детали механизмов и поэтому к ним предъявляются высокие требования по точности обработки и качеству поверхности.

Обработка деталей этого класса чаще всего осуществляется методом контурного фрезерования на станках с ЧПУ. Причем, контурное фрезерование концевыми фрезами обычно является финишной операцией.

Эффективность обработки, и качество поверхности, снижаются из-за вибраций, возникающих в процессе резания. Причем, природа возникновения вибраций связана с различными факторами. Среди основных факторов,

можно выделить недостаточную жесткость технологической системы (ТС), термомеханические явления процесса резания и регенеративные вибрации.

Вибрации приводят к возникновению регенеративных колебаний, что резко ухудшает точность, шероховатость поверхности, увеличивает скорость износа инструмента.

К настоящему времени, разработаны и созданы научные основы динамики металлорежущих станков, выполнены и опубликованы большие объемы научно-исследовательских работ по повышению динамической стабильности процессов резания путем повышения жесткости и демпфирующей способности ТС, выбора оптимальных режимов и стратегий обработки. Результаты этих исследований и работ позволили значительно расширить границы зон оптимальных режимов резания и повысить производительность обработки. Вместе с тем возможности известных технических решений в значительной степени уже исчерпаны, что определяет необходимость поиска новых путей.

Одним из новых путей является концепция использования переменной скорости резания для гашения регенеративных автоколебаний. Известно теоретическое обоснование того факта, что варьированием частоты и глубины модуляции скорости резания можно добиться положительного результата в гашении регенеративных колебаний.

Известна также разработка концепции подавления регенеративных колебаний за счет периодического или случайным образом изменяемой скорости резания. В частности указывается, что устойчивый результат гашения автоколебаний может дать принудительное создание переменного периода волны на поверхности резания, который определяется частотой колебаний ТС вдоль оси X , перпендикулярной к поверхности резания, и скоростью движения *последней* вдоль оси Z , т.е. скоростью резания.

Промышленное внедрение способов механической обработки с переменной скоростью резания сдерживается тем обстоятельством, что современные металлорежущие станки не обладают способностью модулировать скорость резания, а серийно выпускаемых технологической оснастки и инструментов такого назначения не существует. Этот путь является более универсальным и перспективным, но требует разработки новых систем управления приводами современных металлорежущих станков или доработки существующих систем, с целью реализации возможности программного модулирования скорости резания, непосредственно в процессе обработки.

Целью работы является создания на базе фрезерного станка с ЧПУ SINUMERIK 802D системы управления, позволяющей осуществлять модуляцию скорости резания при фрезеровании. Разработанная система должна обеспечивать возможность варьирования величины скорости

вращения шпинделя по периодическому закону с заданной глубиной и частотой модуляции.

Предложенная реализация системы управления шпинделем имеет ряд преимуществ:

- простотастройки корректирующего звена в станок с ЧПУ;
- система с корректирующим звеном может работать с различными системами ЧПУ без их существенных доработок и модернизаций;
- система может быть модернизирована для изменения скорости вращения шпинделя по другим законам – импульсный (кратковременное изменение скорости), треугольный, кратковременный останов шпинделя.

Реализованная на базе фрезерного станка ОММ64 система управления может быть использована для осуществления научно-исследовательских работ по подавлению регенеративных колебаний за счет модулирования скорости резания.

Дальнейшая реализация предложенной системы позволит реализовывать другие алгоритмы управления модуляцией скорости резания. Использование в работе в качестве программной среды пакета Labview позволит использовать треугольный, гармонический, случайный и другие предложенные законы управления модуляцией.

В результате проведенной исследовательской работы разработаны принципы работы и представлены конструктивные решения для введения в систему ЧПУ специального корректирующего звена с возможностью варьирования частоты вращения шпинделя по периодическому импульсному закону с заданной глубиной и частотой модуляции.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 90-97.*

Г. И. Ищенко, М. Г. Ищенко, Харьков, Украина

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПАО «ТУРБОАТОМ»

С начала XX столетия турбина вытеснила паровые машины и стала основным двигателем для приведения в действие электрогенераторов. Турбиностроение является основой современного энергомашиностроения, определяющего потенциал промышленности и экономики в целом. При этом развитие атомного энергомашиностроения относится к доминирующим тенденциям нынешнего, шестого технологического уклада, переживаемого экономически передовыми странами мировой цивилизации.

Харьковский турбогенераторный завод, построенный в 1934 году по проекту американской фирмы Дженерал Электрик и начинавший с выпуска турбин как ее лицензиат, сегодня имеет замкнутый цикл производства турбин

от проектно-конструкторских работ до натуральных испытаний и всемирно известный бренд «Турбоатом».

По накопленному опыту разработок и объему установленных мощностей турбин для АЭС ПАО «Турбоатом» успешно конкурирует с наибольшим в Европе немецким транснациональным концерном Сименс и самой большой многоотраслевой производственной группой Японии Мицубиси, вместе с крупной французской компанией Альстом и американскими транснациональными гигантами Вестингауз и той же Дженерал Электрик входит в четверку мировых соперничающих лидеров атомного энергомашиностроения, на долю которых совокупно приходится 2/3 глобального рынка.

Свои трудовые успехи торящий свой девятый десяток ПАО «Турбоатом» на протяжении всей своей истории неразрывно связывает с учебно-научно-производственным сотрудничеством с отечественной высшей технической школой, прежде всего с НТУ «ХПИ».

Для обеспечения конкурентоспособных эксплуатационных характеристик и технологичности производства турбин необходимы наукоемкие знания из металловедения, динамики и прочности машин, технологии машиностроения, автоматизированного управления, необходимо изучать возникающие в турбине тепловые процессы. Не случайно одновременно с закладкой в Харькове турбогенераторного завода в 1930 году в Харьковском механико-машиностроительном институте (ХММИ, ныне НТУ «ХПИ») создается ряд факультетов и кафедр, вовлеченных в подготовку специалистов и решение конструкторско-технологических инженерно-научных проблем становления и развития отечественного турбиностроения. Создается уникальная кафедра турбиностроения (1930 г.), научно-исследовательская лаборатория которой в современной истории Украины официально признана ее национальным достоянием (с 2006 г.), кафедра динамики и прочности машин (1930 г.), кафедра металловедения и термической обработки металлов (1932 г.) и др.

Свой путь инноваций, надежности и успеха ПАО «Турбоатом» во все времена преодолевает и вместе с научной школой физики процессов резания и подготовившей ему многих впоследствии высококвалифицированных специалистов и руководителей производства кафедрой резания металлов и металлорежущих инструментов (ныне – интегрированных технологий машиностроения) НТУ «ХПИ», от рождения предприятия и до наших дней возглавляемыми выдающимися организаторами высшего технического образования и науки профессорами Н. И. Резниковым, М. Ф. Семко (с 1941 г.) и А. И. Грабченко (с 1979 г.).

Представленное краткое иллюстрированное обозрение современных турбиностроительных технологических возможностей и направлений технического перевооружения ПАО «Турбоатом» направлено на привлечение

внимания и профессиональной компетенции широкого круга специалистов к особой сложности и уникальной масштабности инженерно-научных технологических задач механообработки, стоящих перед предприятием и решаемых им.

Не менее важной логистической функцией представленного обзора является донесение до потенциальных потребителей в реальном секторе экономики технологических возможностей и инвестиционной привлекательности ПАО «Турбоатом».

Расширение технологических возможностей предприятия является необходимым условием успешной конкуренции в условиях мирового экономического кризиса и обострения глобального соперничества в энергетическом машиностроении. ПАО «Турбоатом» видит в этом как источник обеспечения динамичного развития производства собственных разработок, так и выхода на мировой рынок с высокотехнологичными изделиями конкурирующих фирм на правах их лицензиата, что просматривается, например, в уже обозначенных перспективах сотрудничества с представляющей крупнейшую многоотраслевую производственную группу Японии фирмой Мицубиси Хэви Индастриз в отношении совместного производства для рынков СНГ паровой турбины мощностью 600 МВт, рассчитанной для работы на сверхкритических параметрах.

В первом полугодии 2015 года ПАО «Турбоатом» вложило 20,8 млн. грн. в собственное техническое перевооружение и капитальный ремонт.

Предприятием отгружены ряды рабочих лопаток для Южно-Украинской АЭС, Змиевской и Трипольской ТЭС в Украине, две гидравлические турбины для ДнепроГЭС-2 №5 (Украина) и Новосибирской ГЭС №3 (Россия), закладные части для Кременчугской ГЭС №5 (Украина) и Новосибирской ГЭС №4 (Россия), оборудование для Днестровской ГАЭС №3, Кременчугской ГЭС №9 (Украина) и ГЭС Ингури (Грузия).

Доход от реализации продукции ПАТ «Турбоатом» в первом полугодии 2015 года составил 1 млрд. 374 млн. грн. с темпом роста 124 % к аналогичному периоду 2014 года. Удельный вес экспорта в общем объеме реализации составил 65 %.

Вся более чем 80-летняя история феномена инноваций, надежности и успеха ПАО «Турбоатом» в мировом энергетическом машиностроении свидетельствует о привлекательности инженерно-научного творчества в его тематическом поле, перспективности интеллектуальных и финансовых инвестиций в его деятельность.

Л. П. Калафатова, Д. В. Поколенко, Константиновка, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СИТАЛЛОВ

Повышение эффективности механической обработки, прежде всего за счет обеспечения высокого качества формируемой поверхности и, как следствие, выпускаемой продукции, является одним из основных направлений развития современного машиностроения. Известны основные технологические способы повышения качества обработки изделий машиностроения, включающие виды, схемы и режимы обработки, характеристики режущих инструментов, свойства используемых технологических сред, динамическое состояние элементов технологической системы резания и т.д. При обработке различных по физико-механическим свойствам конструкционных материалов изменяются приоритеты в использовании тех или иных способов повышения качества обрабатываемой поверхности.

На современном этапе развития науки и техники существует тенденция повышения объема производства изделий из хрупких неметаллических материалов (ХНМ), которые все более широко заменяют металлы во многих отраслях промышленности. К этим материалам, прежде всего, относятся различные виды технической керамики, включая стеклокристаллическую керамику – ситаллы.

Однако рост применения ХНМ в качестве конструкционных материалов сдерживается по причине трудностей, возникающие при обеспечении высокой точности и качества поверхности изделий при механической обработке, которая, в основном, осуществляется алмазными абразивными инструментами. Это связано, с одной стороны, с высокими показателями прочности и повышенной хрупкостью материалов рассматриваемого класса, с другой стороны – с неэффективными технологическими процессами обработки, причиной которых в значительной мере является недостаточный объем знаний о механизмах формирования качественного поверхностного слоя изделий при алмазном шлифовании. Установлено, что даже мягкие режимы шлифования приводят к созданию дефектного слоя – сетки микротрещин, которые расположены на поверхности обрабатываемых материалов и распространяются в глубину на 200 – 700 мкм для ситаллов и до 50 мкм для конструкционной керамики. Все это является причиной снижения механической прочности изделий или требует дополнительных, трудоемких операций, связанных с необходимостью удаления дефектного слоя.

На структуру поверхностного слоя деталей вместе с пористостью и размерами кристаллов самого обрабатываемого материала влияют, как было сказано выше, также технологические условия обработки: схема и режимы шлифования, состав технологических сред, характеристики алмазных кругов, изменяющие силовой, динамический и температурный режимы процесса резания. Поэтому выбор перечисленных параметров необходимо осуществлять в строгой зависимости от требуемого качества изделий и свойств заготовки, используя знания об их влиянии на условия процесса шлифования, интенсивность развития нарушенного обработкой слоя деталей. В современной литературе такие данные практически отсутствуют, особенно по вопросам, касающимся температурных и динамических характеристик процесса резания.

Наличие дефектного или трещиноватого слоя характерно для всех видов абразивной обработки ХНМ (шлифования свободным абразивом, абразивными и алмазными кругами, механического полирования). Глубина дефектного слоя зависит от интенсивности процессов диспергирования, уменьшаясь от черновых к чистовым операциям обработки. При этом сформированный дефектный слой кардинальным образом влияет на эксплуатационные свойства изделий из хрупких материалов и, прежде всего, на их прочность. Несовершенства ТП обработки, сопровождающиеся появлением вибраций в системе резания в сочетании с повышенным динамическим силовым воздействием на обрабатываемую поверхность (особенно на операциях черного шлифования), приводят к появлению развитого приповерхностного дефектного слоя. Глубина его проникновения может достигать более 300 мкм, что отрицательно сказывается на трудоемкости последующих доводочных операций, а в случае неполного удаления дефектов, может сопровождаться разрушением изделий при эксплуатации.

Для обеспечения эксплуатационных характеристик изделий необходимо иметь четкое представление о влиянии входных параметров ТП обработки изделий из ситаллов, в том числе динамического фактора, на показатели дефектности, прежде всего, на глубину и структуру нарушенного обработкой слоя. Исследование закономерностей формирования дефектного слоя в изделиях из ситаллов предполагает разработку экспериментально-аналитической модели развития дефектного слоя при их шлифовании с учетом влияния силового и динамического воздействий на формируемую поверхность. Это позволит регламентировать технические требования к элементам технологической обрабатывающей системы и выбрать рациональные условия обработки при изготовлении определенных изделий.

Абразивное диспергирование ХНМ непосредственно связано с механизмами деформации и разрушения в поверхностном слое, поскольку оно сопровождается локальной деформацией и отрывом частиц. Для

визучення процесів абразивного диспергування використовуються методи моделювання окремих фаз цих процесів (статичне впливання - вдавлювання, скользнення або перекачування по поверхні) на прикладі взаємодії індентора певної форми (моделі абразивного зерна) з оброблюваною поверхнею. Для більшого наближення досліджуваної моделі до реальних процесів різання при шліфуванні необхідно крім статичного вдавлювання зерен врахувати також їх динамічне, ударне впливання на формувану поверхню, викликаюче коливання в зоні мікрорізання, які генерують ударні хвилі, поширюючіся в заготовці і алмазному зерні, і впливають на розвиток дефектного шару в ОМ.

Метою нинішньої роботи є проведення комплексу досліджень по визначенню ступеня впливу динамічного впливання на розвиток дефектного шару в ситаллі при прикладанні до його поверхні ударної зосередженої навантаження, що послужить основою для розробки моделі розвитку дефектного шару при шліфуванні ситаллів з урахуванням впливу силового і динамічного факторів.

В представленої роботі було встановлено, що з збільшенням енергії, внесеної в поверхневий шар як при ударі металічного кулька по зразку з ситалла, так і при алмазному шліфуванні, відбувається погіршення структури дефектного шару виробів. З збільшенням енергії удару, імітуючої дію вібрацій в технологічній системі обробки, обумовлених, наприклад, несбалансованістю шліфувального круга, відбувається збільшення глибини дефектного шару. З збільшенням динамічного впливання зростає як глибина поширення дефектного шару, так і інтенсивність дефектоутворення на більшій глибині, що негативно скажеся на міцнісних властивостях виробів з ситаллів.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 37-46.*

В. І. Кальченко, Д. В. Кальченко, О. С. Следнікова, Чернігів, Україна

МОДУЛЬНЕ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ІНСТРУМЕНТІВ, ПРОЦЕСУ ЗНЯТТЯ ПРИПУСКУ ТА ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРИ ШЛІФУВАННІ ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ОСЯМИ РОЗПОДІЛЬЧОГО ВАЛА І КРУГА

В сучасному машинобудуванні постійно підвищуються вимоги до точності обробки розподільчих валів, які широко застосовуються в автомобілебудуванні, тракторобудуванні, суднобудуванні та інших галузях промисловості. При цьому необхідно забезпечити високу продуктивність їх обробки, що потребує розробки більш ефективних універсальних способів

шліфування деталей. В умовах, коли вітчизняне машинобудування прагне стати конкурентоспроможним та високоефективним, ця проблема набуває народногосподарського значення.

На вітчизняних підприємствах обробка кулачків розподільчих валів відбувається на верстатах з ЧПК моделей ХШЗ-57Ф2 та ХШЗ-33 ПАТ «Харківський верстатобудівний завод ХарВерст». При обробці кулачка розподільчий вал обертається, при цьому круг здійснює зворотно-поступальний рух в горизонтальній площині, що проходить через вісь деталі, забезпечуючи обкатку профілю. Обробка опорних шийок відбувається на круглошліфувальних напівавтоматах моделей 3М152ВМ, 3М162В та 3К152ВФ20. Обробка методом копіювання опорних шийок на круглошліфувальних верстатах відбувається кругом, висота якого дорівнює довжині шийки, при цьому спочатку відбувається чорнове шліфування потім чистове та виходжування. Недоліками цього способу є обробка опорних шийок та кулачків на різних верстатах та різна глибина різання при обробці кулачка, яка залежить від положення точки контакту інструмента і деталі.

Вперше обробку опорних шийок та кулачків за один установ впровадила фірма Junker (Германія). Обробка опорних шийок виконується вузьким кругом, висота якого менша її довжини, як на круглошліфувальному верстаті. При обробці кулачків контакт з кругом відбувається за рахунок зворотно-поступального руху в площині, яка проходить через вісь обертання інструмента та розподільчого вала, що забезпечує обкатку кулачка за один оберт деталі.

В процесі обертання розподільчого вала точка контакту круга з кулачком виходить з площини, яка проходить через осі обертання інструмента та деталі, що призводить до зміни глибини різання, яка завжди більше величини знімаемого припуску. Це призводить до нерівномірного зняття припуску, знижує продуктивність і точність обробки.

Метою даної роботи є підвищення продуктивності і точності обробки опорних шийок та кулачків за один установ при глибокому високошвидкісному шліфуванні зі схрещеними осями круга і розподільчого вала за рахунок стабілізації глибини різання і подачі по контуру при нерівномірному обертанні деталі. Стабілізація глибини різання досягається за рахунок синхронних вертикального і поперечного переміщень шліфувального круга, а подачі по контуру відбувається за рахунок нерівномірного обертання розподільчого вала при обробці кулачка.

Запропоновано модульне трьохмірне геометричне моделювання інструментів, зняття припуску та формоутворення опорних шийок та кулачків розподільчих валів на базі трьох уніфікованих модулів: інструментального, орієнтації та формоутворення. На базі дослідження моделей запропоновано новий спосіб шліфування опорних шийок та кулачків

зі схрещеними осями розподільчого вала та круга за один установ, який забезпечує стабілізацію глибини різання та подачі по контуру.

В запропонованому способі, круг торкається деталі по нормалі. При цьому не виникають додаткові деформації, напруження, оскільки дотична до поверхонь завжди вертикальна. При цьому швидкість різання залишається незмінною, що також сприяє покращенню умов шліфування та підвищенню точності та якості обробленої деталі.

Запропонована методика шліфування криволінійних поверхонь на верстатах з ЧПК, що враховує тільки форму деталі, виключає вплив радіуса інструмента і його знос на точність формоутворення. Вона може бути застосована для процесів шліфування різноманітних циліндричних поверхонь складного профілю зі схрещеними осями інструмента і деталі.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 98-106.

B. Karpuschewski, Th. Emmer, H. Popke, D. Borysenko, Magdeburg, Deutschland

STRATEGIE DER SCHNITTAUFTEILUNG. EINE WIRKSAME METHODE ZUR LEISTUNGSANPASSUNG UND VERBESSERUNG DES DYNAMISCHEN SCHNITTVERHALTENS BEIM PLANFRÄSEN

Das dynamische Schnittverhalten beim Fräsen und Maßnahmen zur Stabilisierung sind Gegenstand jahrelanger Forschungsarbeiten. So wurden umfangreiche Untersuchungen zu den Auftreffbedingungen, zur Optimierung der Schneidengeometrie, zur Ungleichteilung u. a. durchgeführt. Eine Umsetzung der Erkenntnisse in schwingungsdämpfende Werkzeugkonstruktionen ist jedoch nur ansatzweise erfolgt. Die Möglichkeit zur dynamischen Stabilisierung durch die geometrische Form des Spanungsquerschnittes ist forschungsseitig dagegen nicht aufgegriffen worden, obwohl die Effekte aus der Praxis längst bekannt sind. Mit der Strategie der Schnittaufteilung wurde eine Methode entwickelt, mit der die Wirkung aus der Geometrie des Spanungsquerschnittes deutlich gemacht wird, sich technisch im Werkzeug einfach realisieren lässt und somit einen wirksamen Beitrag zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens im Spanungsvorgang leisten kann.

Das Grundanliegen besteht darin, eine solche Schneidenanordnung an den Fräsern vorzunehmen, bei der die Späne mit einer kleinen Spanungsbreite und großer Spanungsdicke entstehen und gleichzeitig geringe Kontaktlängen mit Schnittunterbrechungen auftreten. Üblicherweise wird das Gesamtmaß des Werkstückes in einem oder mehreren Durchgängen abgefräst. Alle Fräferschneiden laufen dabei auf einem gemeinsamen Flugkreis, sind axial auf der gleichen Tiefe angeordnet und erzeugen jeweils einen Span mit vorgegebener

Größe und Form. Bei der Schnittaufteilung wird die Gesamtschnitttiefe auf mehreren aufeinanderfolgenden Schneiden so aufgeteilt, dass sich Größe und Form der einzelnen Spanungsquerschnitte ändern.

Grundsätzlich gilt dabei, dass keine Einbußen an der Produktivität des Fräsvorganges erfolgen. Konkret heißt dies, den Umdrehungs-Vorschub bewusst konstant zu halten. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass sich beispielsweise bei einer Aufteilung der Gesamtschnitttiefe auf zwei Stufen die Schnitttiefe einer Schneidenreihe halbiert und der Zahnvorschub verdoppelt. Mit dieser Grundidee bleibt zwar die Größe des Spanungsquerschnittes gleich, es ändert sich aber seine geometrische Form in der Weise, dass ein möglichst kurzer und dicker Span mit geringem Schlankheitsgrad entsteht, so wie es die bereits erwähnte Praxiserfahrung fordert.

Zu beachten ist aber, dass neben dem erreichbaren Effekt der dynamischen Stabilisierung eine Erhöhung der partiellen Belastung der Werkzeugschneide einhergeht. Wegen dieser gegenläufigen Auswirkungen erfordert die praktische Anwendung der Methode der Schnittaufteilung eine ständige Suche nach der geeigneten Variante und einer akzeptablen Kompromisslösung. Diese Aufgabe ist immer in Abhängigkeit von den aktuell vorliegenden dynamischen und statischen Bearbeitungsbedingungen zu erfüllen.

Dieses Werk beinhaltet eine zusammenfassende Darstellung des Prinzips der Schnittaufteilung als Methode zur dynamischen Prozessstabilisierung beim Planfräsen. Es wird dargelegt, wie die Schnittaufteilung beim Fräsen durch die Kombination von WSP mit unterschiedlichen Formen prinzipiell realisiert werden kann. Neben der Erläuterung weiterer positiver Effekte wird auf die Nutzung der Schnittaufteilung zur Leistungsanpassung unter stabilen Bearbeitungsbedingungen eingegangen.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 107-118.*

С. А. Клименко, А. С. Манохин, М. Ю. Копейкина, Киев, Украина

СОСТОЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ИНСТРУМЕНТОВ С ПСТМ НА ОСНОВЕ «ВН ПРИ ТОЧЕНИИ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

Состояние поверхностного слоя режущего инструмента во многом обусловлено воздействием тепла, генерируемого в зоне резания. Для совершенствования путей повышения эффективности инструмента необходимо установить зоны влияния тепла, в которых могут происходить явления, связанные с изменениями химического состава и механических характеристик материала поверхностного слоя инструмента.

Это во многом относится к инструментам, оснащенным поликристаллическими сверхтвердыми материалами (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (сBN), которым эффективно обрабатываются изделия из сталей и сплавов высокой твердости. Инструменты работают на воздухе со скоростями, которым соответствует температура в зоне резания до 1200 °С.

Целью настоящего исследования было изучение состояние поверхностного слоя инструментов с ПСТМ на основе сBN (композиты – сBN+10%TiN+30%Si₃N₄; сBN+15%TaN+15%Si₃N₄+10%SiC; сBN+3%Si₃N₄) при точении закаленной стали ШХ15 (62-64 HRC).

Анализ полученных результатов позволяет заключить, что расположение зон, где наблюдается снижения силы F_{τ} , совпадает с началом участков, где содержание кислорода на передней поверхности инструмента начинает возрастать.

В качестве гипотезы, связывающей процесс эволюции структурного состояния и механических свойств поверхностного слоя инструментов, оснащенных композитами на основе сBN, с механизмом их изнашивания, можно принять следующее. Окисление свободных участков поверхности инструментов, непосредственно примыкающих к контактными зонам «инструмент–обрабатываемый материал», приводит к некоторому повышению твердости (за счет формирования вторичных структур II-го рода) и снижению прочности материала их поверхностного слоя, что обуславливает микроскалывание фрагментов инструментального композита, вызывая ускоренное изнашивание инструмента.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 119-125.

В. М. Кобелев, И. М. Творишук, Анд. А. Оргиян, Одесса, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ И ЖЕСТКОСТИ СТАНКА ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ПОДРЕЗКИ С РАСТАЧИВАНИЕМ

На специальных отделочно-расточных станках (ОРС), кроме операции тонкого растачивания выполняется целый ряд других операций: наружное точение, подрезание торцов, фрезерование и др. Высокое качество обрабатываемых поверхностей является основным требованием выполнения этих операций.

Метод радиальной подачи резца часто используется при тонкой подрезке торцов. Такой метод обеспечивает получение точного торца с высокой чистой поверхности, хотя производительность такого метода

обробки порівняльно невисока. Достатньо складною представляється також задача розробки і виготовлення різцевої головки, яка може забезпечити радіальну подачу різця: наявність механізму радіальної подачі ускладнює виготовлення компактною і добре сбалансованою головки.

Метод осевої подачі з використанням широколезвийного різця-ножа вважається більш простим і продуктивним. Дослідження по визначенню умов віброустійливості при подрезці вільних торців широколезвийним різцем були ґрунтовані на представленні еквівалентної пружої системи моделлю з однією ступенню вільності, що відповідає коливанням пристосування в напрямленні подачі.

В практиці проектування ОРС часто зустрічаються деталі, коли подрезаний торець не вільний і операція подрезки збігається з операцією растачивання. Обидві названі операції виконуються одним і тим же різцем, при цьому вершинна частина растачиває бокову циліндричну поверхню отвору, а головна режуща кромка різця, виконаного в формі прямокутного широкого ножа, обробляє внутрішній торець. Слід зазначити, що динаміка процесу тонкого растачивання вивчена достатньо детально, і віброустійливість ТС при обробці однієї лише бокової поверхні розраховується відомими методами.

Збіг операцій растачивання і подрезки торця призводить до необхідності урахування зв'язаних коливань в двох напрямках: радіальному і осевому. Параметри підсистем, що описують коливання по цих напрямках, визначаються приведеними до зони різання жорсткостями, масами і характеристиками затухання при коливаннях на основних частотах. Припускається, що зв'язь між коливаннями борштани і пристосування здійснюється лише через процес різання.

В роботі виконані розрахунки і проведені експерименти по визначенню віброустійливості при зміні податливості пристосування при подрезці торців заготовок зі сталі і чугуна. Визначені раціональні значення податливостей пристосувань для отримання оптимальних значень ширини торця при устійливому різанні.

Отримані величини мінімально допустимих жорсткостей пристосування при обробці деталей зі сталі і чугуна в залежності від ширини вільного торця. Наприклад, пристосування з осевою жорсткістю 120 Н/мм виявляється придатним для торця не більше 6 мм без вихаживання і до 2 мм з вихаживанням.

Подрезку торців слід проводити на спеціальних пристосуваннях з жорсткістю не менше 200 Н/мм .

В разі, коли операція подрезки включає тривале вихаживання, мінімально допустимую жорсткість необхідно збільшити в 2 рази.

В. А. Колесник, Д. В. Криворучко, Сумы, Україна
Д. Митал, Прешов, Словачка республіка

ТЕМПЕРАТУРА РЕЗАНИЯ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ПАКЕТОВ УГЛЕПЛАСТИК/ТИТАНОВЫЙ СПЛАВ

Выполнен анализ существующих методов измерения температуры различных конструкционных материалов, в том числе и композиционных. Показано, что определение температуры на вращающемся сверле при резании неэлектропроводных материалов является задачей, требующей дальнейшего решения. Целью работы является разработка способа измерения и исследование температуры резания методом искусственной термопары при сверлении пакетов углепластик/титановый сплав. Используя современную элементную базу разработан способ измерения температуры, согласно которого система обработки информации вращается вместе со сверлом, а данные передаются на неподвижный приемник с помощью радиоволн. В исследованном диапазоне режимов резания температура резания в слое углепластика составила 100-320 °С, а в слое титанового сплава – 500-900 °С. Установлено, что при малой толщине слоев (примерно 5мм) уровень температуры в углепластиковом слое в основном зависит от режима резания, а в слое титанового сплава – от соотношения толщины слоя и минутной подачи, а также скорости резания.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 126-136.*

А. Е. Колесников, С. В. Ткачук, Т. В. Отрадская; В. Ю. Васильева
Одесса, Украина

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТОМ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ УНИВЕРСИТЕТА

Задачи инновационного развития учебных заведений сопряжены с нацеленными на результат проектными подходами трансформации моделей, методов, способов и механизмов организации деятельности по предоставлению образовательных услуг и проведения научных исследований. Под инновациями образовательной составляющей понимается комплекс нововведений в образовательной среде – в содержании, методах, приемах и формах учебной деятельности и воспитания личности, в содержании и формах организации управления образовательной системой, а также в организационной структуре учебных заведений, в средствах обучения и воспитания и в подходах к социальным услугам в образовании,

что существенно повышает качество, эффективность и результативность учебно-воспитательного процесса.

Цель статьи - разработать основные требования к составу и назначению информационной среды университета для обеспечения современных форм дистанционного обучения.

Уникальные решения, как технического, так и педагогического и экономического плана, должны составить основу информационной среды университета.

Построение концепции дистанционного обучения определяет круг вопросов, которые должны быть решены при управлении образовательными проектами. Эффективность таких проектов зависит от конкретных показателей (индикаторов), которые являются оценкой достигнутого уровня совершенства и характеризуют его интегральную оценку. Поэтому, с учетом различных вариантов организации дистанционного обучения, можно отметить, что в ближайшей перспективе, наиболее актуальной является задача организация информационной среды на базе компьютерных телекоммуникаций с учетом ценностного подхода.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 72-79.

Ю. Г. Кравченко, В. А. Дербабя, Днепропетровск, Украина
Н. В. Крюкова, Харьков, Украина

К ВОПРОСУ ЭМПИРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ И КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРЕНИЯ ПРИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИИ

Главными механико-энергетическими показателями процесса резания являются составляющие силы резания (главная касательная P_z , радиальная P_y и осевая P_x проекции).

Для их расчета и для вычисления плотностей тепловых источников требуются исходные данные по коэффициентам трения μ_γ , μ_α касательным напряжениям τ_γ , τ_α на передней A_γ и задней A_α поверхностях лезвия и напряжениям τ_s в условной плоскости сдвига P_ϕ .

Одним из направлений определения этих элементарных показателей может служить метод «обратного расчета» на основе эмпирических силовых зависимостей от параметров режима резания и геометрии лезвия.

Цель работы – получить расчетные выражения для коэффициентов трения и напряжений на контактных поверхностях лезвия и в плоскости сдвига.

Предлагаемое направление расчета включает использование наработанной информационной базы по силовым зависимостям процесса резания для большинства обрабатываемых материалов.

Полученные значения и функциональные зависимости служат ориентиром при отработке предпосылок по выбору коэффициентов трения μ и напряжений τ для аналитического расчета сил и температур на A_γ и A_α .

Выполнено обоснование формул для определения сил давления и коэффициентов трения на передней и задней контактных площадках лезвия, касательной силы в плоскости сдвига.

Выведена формула взаимосвязи элементарных показателей пластической деформации в плоскости сдвига и трибологии на передней поверхности лезвия.

Составлены итоговые выражения для вычисления составляющих силы резания на основе элементарных показателей процесса стружкообразования.

Установлено влияние скорости резания, переднего угла и фаски износа лезвия по задней поверхности на коэффициенты трения и касательные напряжения в плоскости сдвига, на передней и задней поверхностях лезвия.

Наибольшие касательные напряжения развиваются в плоскости сдвига, а касательные напряжения на передней поверхности значительно превосходят соответствующие напряжения на площадке износа задней поверхности лезвия.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 137-148.

Ю. С. Краснощек, Харьков, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТА ПРИ СВОБОДНООБКАТНОМ РЕЗАНИИ

Свободнообкатное резание является высокоэффективным методом финишной обработки. Этот метод позволяет с высокой точностью и низкой шероховатостью получать сложнопрофильные поверхности. При выборе условий обработки важным этапом является выбор геометрических параметров инструмента.

Для свободнообкатного резания используются чашечные резцы круглой и других форм, которые имеют собственные геометрические параметры. При этом следует иметь в виду, что в отличие от традиционных методов лезвийной обработки (точение, фрезерование и др.) фактические геометрические параметры инструментов как статические, так и кинематические будут существенно отличаться от исходных вследствие специфики процесса резания.

Особенности свободнообкатной обработки связаны, прежде всего, с отличием кинематики резания. В литературных источниках отсутствуют данные о геометрических параметрах инструментов при свободнообкатном резании.

Целью работы является установление статических геометрических параметров инструментов при свободнообкатном резании в соответствии с ГОСТ 25762-83.

Установлены фактические геометрические параметры инструментов при свободнообкатном резании.

Полученные данные позволяют в дальнейшем изучить влияние геометрических параметров на особенности физических явлений в зоне свободнообкатного резания - процесс стружкообразования, тепловыделения, формирование обработанных поверхностей и их качества и т. д.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 92-99.*

Д. В. Криворучко, И. О. Осадчий, Сумы, Украина

КАЧЕСТВО ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ОСНОВЕ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Зубчатые колеса являются основным элементом зубчатой передачи. Зубчатые передачи и механизмы, широко распространенные в машиностроении. Появление новых композиционных материалов дает толчок к повышению их точности, нагрузочной способности зубчатых передач и снижению массы. Анализ литературы выявил только отдельные исследования в этой области, посвященные стабилизации размеров зубчатых колес (ЗК) в результате добавления в пластические массы волокон стеклопластика при этом снижается деформации после удаления формы. Большое внимание в процессе изготовления зубчатых колес должно уделяться качеству и точности выпускаемой продукции, ее соответствию требуемым техническим стандартам. Целью настоящей работы является оценка показателей качества ЗК изготовленных с применением волокнистых полимерных композиционных материалов (ВПКМ). Результаты были получены при помощи измерений зубчатых колес специальными зубоизмерительными приборами. Зубчатые колеса из ВПКМ, позволяют решить задачу обеспечения геометрической точности при формовке и обеспечить возможность финишной обработки в случае получения колес

высокой степени точности. В работе показано, что степень точности ЗК, выполненных из углепластика, находится на уровне ЗК из других неметаллических материалов, при применении процесса формовки, однако только у углепластиковых ЗК есть большой резерв повышения точности за счет применения финишных методов обработки и оптимизации схем укладки волокон, которые неприменимы для других неметаллических материалов.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 214-221.*

Ю. Н. Кузнецов, Киев, Украина

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ И ГЕНЕТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Создание новых развивающихся технических систем невозможно без анализа и учёта накопленного человеческого опыта, который как генетическая информация передается из поколения в поколение на различных носителях. В расширяющемся разнообразии создаваемых природой и человеком объектов и систем наблюдаются общие принципы их структурной организации, которые проявляются в виде межсистемных аналогий или скрытых внутрисистемных гомологий. Такие свойства имеют место как в естественных (биологических, химических, электромагнитных и др.) системах, так и в системах естественно-антропогенного происхождения (числовых, лингвистических, технических и др.). Показано, что в технологическом оборудовании различной сложности (машины, станки, механизмы, узлы, инструментально-технологическая оснастка, и т.п.) действуют такие же законы эволюции и универсальные генетические операторы синтеза, как и в живой природе.

Применение теории эволюционного и генетического синтеза имеет междисциплинарный характер и позволяет успешно решать проблемы создания технологического оборудования нового поколения.

На примере станков и их механизмов проиллюстрирована реализация предложенной концепции создания технологического оборудования с применением теории эволюционного и генетического синтеза, где в качестве элементарного материального носителя наследственной информации в мысленных экспериментах использована материальная точка.

Открытие генетических программ и порождающих систем в механике сплошных (твердых), текучих, газообразных, сыпучих, электромагнитных и других сред и полей свидетельствует о зарождении генетической механики и является ключом к генетическому предвидению и созданию человеком

складних розвиваючихся антропогенних систем по об'єктивним законам природи.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 149-162.

М. В. Кучугуров, Запоріжжє, Україна

ВЛИЯНИЕ ИЗНОСА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Динамика процесса механической обработки по сей день остается актуальным направлением исследований. Вибрации, возникающие при резании, как правило, оказывают негативное влияние: колебания элементов системы станок – приспособление – инструмент – деталь (СПИД) приводят к резкому снижению стойкости инструмента, быстрому износу оборудования, ухудшению качества обработанной поверхности.

Наибольший интерес и трудность для исследования представляют автоколебания, так как природа вынужденных колебаний проста, источники их возникновения легко диагностируемы и подавление последних является простой задачей. Существует большое количество теоретических и экспериментальных исследований, раскрывающих основные причины возбуждения и поддержания автоколебаний. Однако, наиболее существенными и экспериментально подтвержденными являются:

а) Регенерация – резание по следу, приводящее к периодическим изменениям фактической толщины срезаемого слоя, что в свою очередь обуславливает колебания силы резания, действующей на резец и обрабатываемую деталь. По данным множества исследований, резание по следу обеспечивает наибольший вклад энергии, идущей на возбуждение автоколебаний.

2) Координатная связь – дополнительное возбуждение автоколебаний, обусловленное несовпадением траекторий упругого отжатия и восстановления резца и детали под действием силы резания. Это связано с тем, что элементы системы СПИД в зависимости от направления воздействия внешней нагрузки имеют различную жесткость.

Проведены многочисленные экспериментальные исследования, позволившие расширить понимание особенностей динамики процесса токарной обработки. С этой целью было разработано ряд устройств для исследования автоколебаний при точении. Главной их особенностью является создание такой системы резания, в которой резец обладал бы пониженной жесткостью по сравнению с деталью: достаточно малой, чтобы

створити сприятливі умови для збудження і дослідження сильних автоколебаний, і в той же час достатньою великою, щоб коливання різця мали гармонічний характер. Останні фіксуються безконтактними датчиками переміщень в горизонтальному і вертикальному напрямках. Процес різання розглядається в головній секущій площині.

Основною відмінністю пристрою для дослідження фізики явища автоколебаний при токарній обробці є регульована пружна система різця, що дозволяє окремо вивчати вплив координатної зв'язки на збудження вібрацій.

Встановлено, що знос різця виконує демпфуючу дію на коливальний процес різання. Незначительне збільшення величини фаски зносу режущої пластини по задній поверхні призводить до суттєвого зниження амплітуди коливань інструмента. Цей факт необхідно враховувати при розробці методики проведення досліджень динаміки процесів механічної обробки, т.к. від цього буде залежати адекватність і повторюваність отримуваних результатів. Позитивний вплив наявності фаски зносу по задній поверхні на динамічну картину процесу різання вимагає подальшого вивчення з метою пошуку комбінацій цього параметра і режимів різання для досягнення високопродуктивної безвібраційної обробки.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 163-170.*

М. В. Кучугуров, А. І. Гермашев, С. І. Дядя, А. В. Пирожок
Запоріжжя, Україна

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДАМИ СТАНКОВ НА БАЗЕ СТОЙКИ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ SIEMENS

Управление скоростью работы приводов металлообрабатывающего оборудования является высокотехнологичным методом воздействия на процесс механической обработки резанием в условиях постоянного изменения частоты вращения шпинделя и движения подачи. Воздействуя на механизм регенерации, обусловленный резанием по следу, возможно подавление автоколебаний, приводящих к ухудшению качества обработанной поверхности детали, снижению стойкости инструмента, ускоренному износу оборудования.

Особенностью реализации метода подавления колебаний в зоне обработки путем резания с переменной скоростью вращения шпинделя является отсутствие в необходимости применения дополнительного

оборудования. Современные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) позволяют управлять движениями станка, задавая различные математические законы изменения положения осей и скоростей их перемещения во времени. Благодаря наличию жесткой обратной связи система управления контролирует данные величины в режиме реального времени, и в случае их отклонения от заданных значений осуществляет их автоматическую корректировку.

Целесообразность резания с переменной скоростью для подавления автоколебаний была показана еще в 70х годах 20 века. Однако эта задача до сих пор остается не решенной, так как только с созданием современных систем управления появилась возможность ее полноценной реализации.

В ходе исследований было проанализировано большое количество работ по изучению возможности подавления автоколебаний путем варьирования частотой вращения шпинделя. Установлено, что в современной литературе полностью отсутствует описание методик программирования станков с целью реализации требуемого режима работы.

Приводится пример составления программы, которая позволяет пересчитывать фактическую частоту вращения шпинделя в зависимости от времени и задавать новое задание на обработку приводу главного движения. Реальная работа привода в рассматриваемом режиме является нестандартной, влияние инерционных свойств механических частей станка, а также силы резания, могут привести к расхождению заданного числа оборотов шпинделя с их фактическим значением. Для отслеживания того, как привод отработывает задание в системе ЧПУ Sinumerik 840D, имеется встроенная функция серво-трейса, позволяющая построить график изменения заданной и фактической частоты вращения во времени и задания, а также сопоставить их.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 80-87.*

В. И. Лавриненко, Киев, Украина,
В.Ю. Солод, Днепродзержинск, Украина

К ВОПРОСУ О ФУНКЦИОНАЛЬНОМ ДЕЙСТВИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ КРУГАМИ ИЗ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технологические среды (ТС) при абразивной обработке должны обладать рядом функций: охлаждающей, смазывающей, моющей и др. В условиях шлифования кругами из синтетических алмазов и кубонита наибольшее влияние на процесс шлифования оказывают смазывающая и

моюча здатність ТС. При шліфуванні алмазними кругами більше увагу приділяється змазуючій здатності, а кубонитовими – моючою здатності. В інших рівних умовах охолоджуючі здатності ТС повинні бути більш високими при шліфуванні алмазними кругами. Обратим увагу на те, що подача змазуюче-охолоджуючої рідини в зону шліфування не надає впливу на контактну температуру при шліфуванні. Внаслідок високих тисків, виникаючих в зоні контакту алмаза з металом, рідина не потрапляє в цю зону і її охолоджувальний вплив відбувається після проходження режущого зерна, що в цілому знижує тільки середню температуру шліфування. Все це і визначає функціональний вплив ТС при абразивній обробці кругами з СТМ.

Комплекс проведених досліджень дозволив виявити наступні шляхи досягнення позитивних ефектів використання технологічних рідин при абразивному шліфуванні з точки зору врахування наведених вище ефектів функціонального впливу к вибору складових технологічних рідин і, при цьому:

- ✓ охолоджувальний вплив досягається:
 - введенням в склад ТР домішок солей амонію сернокислого;
 - використанням фактора попереднього водопоглинання робочим шаром кругів;
- ✓ змазувальний вплив досягається за рахунок:
 - введення в ТР солей, що містять фосфор (Na_2HPO_4) та сірку ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$);
 - ефекту електрохімічної гетерогенності поверхні зв'язки з використанням фактора попереднього водопоглинання робочим шаром кругів.
- ✓ моючий вплив досягається введенням в склад ТР сульфата – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 171-183.

Н. Ю. Ламнаур, Харків, Україна

УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ ТА СКЛАДАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗА ПАРАМЕТРОМ ЛІНІЙНОГО РОЗМІРУ

Від точності обробки та складання деталей залежить надійність та довговічність будь-якої машини. Одним з показників точності обробки є отриманий лінійний розмір деталі. В більшому або меншому ступені він залежить від технологічних факторів. Частина з цих факторів є причиною

систематичних погрешностей, що носять постійний чи змінний характер. Інша частина факторів є причиною випадкових погрешностей. Однією з умов для управління точністю є можливість аналізу якості та своєчасного впливу на технологічний процес з метою усунення виникаючих відхилень. Важливим інструментом в процесі управління якістю на сучасному підприємстві є статистичні методи управління точністю. Тому, розвиток теоретичного базису для управління точністю обробки та складання, що використовує методи статистики та теорії ймовірності має важливе значення в галузі технології машинобудування.

Аналіз робіт вітчизняних та закордонних вчених показав, що питанням управління якістю та точністю в машинобудуванні з використанням статистичних методів приділяється велика увага. Розвиток теоретичних основ в управлінні точністю обробки знайшло своє відображення в роботах, де була запропонована загальна чотирипараметрична модель розподілу випадкової величини – лінійного розміру та знайдені оцінки її параметрів.

Було показано, що точність виробу, що складається залежить від точності лінійних розмірів деталей, які входять до нього. А також доведено, що для отримання виробу високої якості необхідно, щоб дисперсія величин абсолютного відхилення розмірів від номінального, що йдуть на складання, була мінімальною.

Метою даної роботи є розв'язання задач управління точністю технологічних процесів обробки та складання за параметром лінійного розміру, зі застосуванням ймовірнісно-статистичних методів.

Запропоновано для управління точністю обробки за параметром лінійного розміру проводити аналіз якості технологічного процесу, визначаючи: коефіцієнт відносної асиметрії, коефіцієнт точності, коефіцієнт налагодження процесу за розрахунковими формулами для загальної моделі розподілу лінійних розмірів.

Запропоновано метод управління точністю складання за параметром лінійного розміру, що забезпечує високу якість виробу.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 88-93.*

М. О. Левченко, Л. С. Кравченко, М. Г. Іщенко, Харків, Україна

МОДУЛЬНИЙ КОМБІНОВАНИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ВЕРСТАТІВ

Важливою характеристикою металорізального обладнання є ступінь концентрації технологічних переходів, яка визначається послідовністю формування поверхонь на заготовці і характером їх суміщення.

Упровадження концентрації технологічних переходів на багатощільових верстатах є революційним підходом в технології обробки матеріалів.

Нами розроблена конструкція інструментальної головки для одночасної обробки декількох поверхонь тримача з конусом 7:24 по ГОСТ 25827-83 на базі рекомендацій фірми «GUHRING».

Збірним інструментом одночасно виконується обробка трьох внутрішніх і трьох зовнішніх поверхонь.

Виконано розрахунок точності розмірів базових поверхонь збірної головки виходячи з допустимого биття різальних кромки комбінованого свердла. Розрахунок точності розмірів базових поверхонь модульного комбінованого інструменту виконано за допомогою розмірного ланцюга похибок виготовлення і складання.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 184-190.

Н. В. Лищенко, Одеса, Україна

ЧАСТОТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОФИЛОГРАММЫ ПОВЕРХНОСТИ И ВИБРАЦИЙ ПРИ ЕЁ ОБРАБОТКЕ

Рассмотрены особенности измерения и анализа параметров качества поверхности на основе применения частотного метода разделения гармонических составляющих профилограммы на шероховатость поверхности, её волнистость и отклонение формы профиля.

Разработана методика обработки профилограммы, содержащая этапы её оцифровки, низкочастотной фильтрации и формированием профиля шероховатости.

Приведены результаты экспериментального исследования профилограммы фрезерованной поверхности и сигнала виброперемещения при фрезеровании.

Исследования выполнены на современном оборудовании с ЧПУ (фрезерование на обрабатывающем центре мод. 500V/5) и измерительной станции T8000 (контроль параметров качества обработанной поверхности).

Исследования позволили с единых позиций проводить спектральный анализ профилограммы обработанной поверхности и сигнала виброперемещения в упругой системе металлорежущего станка с целью поиска корреляционных связей между динамическими явлениями в зоне резания и их следствием в виде профилограммы обработанной поверхности.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 94-108.

Н. В. Лищенко, В. П. Ларшин, Одесса, Украина
Ф. С. Сабилов, д-р техн. наук, Москва, Россия

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ И ВОЛНИСТОСТИ ФРЕЗЕРОВАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Качество обработанной поверхности характеризуется параметрами её микро – и макрогеометрии и наряду с показателями точности обработки определяет эксплуатационные свойства деталей и узлов машин. Возникающие в упругой системе станка вибрации также оказывают влияние на шероховатость и волнистость обработанной поверхности. Одновременное измерение и спектральный анализ колебаний в упругой системе станка и частотного состава профилограммы обработанной поверхности позволяет находить взаимосвязь между ними и на этой основе диагностировать технологическую систему лезвийной и абразивной обработки на станках с ЧПУ. В этой связи применение частотного подхода к анализу указанных физических явлений разной природы (вибраций при обработке и частотного состава профилограммы обработанной поверхности) относится к числу актуальных задач в технологии машиностроения.

Вопросам «безопорного» (skidless) измерения и анализа шероховатости, волнистости и отклонения формы поверхности на измерительной станции с ЧПУ типа HOMMEL TESTER T8000C, работающей в соответствии с европейскими и американскими стандартами, в отечественной литературе не уделено должного внимания.

Цель исследования заключается в апробировании методики измерения параметров шероховатости и волнистости поверхности в соответствии с зарубежными стандартами при экспериментальном исследовании плоского фрезерования образцов на станке мод. 500V/5 (обрабатывающий центр с ЧПУ).

Рассмотрены известные показатели качества поверхности и особенности применения частотного подхода к их определению в соответствии с новой концепцией единого измерения разных видов геометрических параметров качества обработанной поверхности – отклонения формы, волнистости и шероховатости поверхности. Отмечается, что инструментом разделения неровностей поверхности в интервале их изменения «от микро до макро» является фильтрация цифрового сигнала профилограммы, полученного при помощи компьютеризированной аппаратуры. Представление формируемого при механической обработке размера в виде суммы постоянной и переменной составляющей этого размера соответствует частотному подходу в анализе профилограммы обработанной поверхности, позволяющему путём фильтрации сигнала, характеризующего выполняемый размер, выделять

параметри точності (постійна складова) і якості (змінна складова) обробленої поверхності.

Тот же самий частотний підхід прийнято використовувати при аналізі вібрацій в замкнутій еластичній системі металорежущого станка. Це дозволяє з єдиних позицій розглядати в одній і тій же частотній області різні по фізичній природі явища: формування макро – і мікрогеометрії обробленої поверхності, і динамічний колибательний процес (вібрації) в еластичній системі металорежущого станка, в якому виконуваний розмір являється замикаючим ланкою замкненої розмірної ланки.

При збільшенні подачі на зуб фрези шерохуватість поверхності, збільшується, або мало змінюється. Зміна глибини різання мало впливає на шерохуватість поверхності. При збільшенні швидкості різання шерохуватість поверхності зменшується і переходить в хвилястість з періодичним профілем.

Застосування частотного методу до аналізу шерохуватості і хвилястості поверхності, з однієї сторони, і до аналізу вібрацій в технологічній системі з іншою – дозволить встановлювати детерміновані і кореляційні зв'язки між вібраціями і параметрами якості обробленої поверхності.

Приведена покрокова методика і приклади цифрової обробки профілограмми при експериментальному дослідженні фрезерованої поверхності.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 222-234.*

N. V. Lishchenko, Odessa, Ukraine

I. A. Ryabekov, Kharkov, Ukraine

V. P. Larshin, Odessa, Ukraine

NONSTATIONARY AND INTERRUPTED GRINDING TEMPERATURE DETERMINATION

The superposition method is created to get a mathematical model for interrupted and high porous grinding wheel temperature determination. It gave the condition to find time constant and evaluate transient time after which the both models will be identical to the temperature calculated. The benefits of this study are a new presentation of the grinding temperature consisting of a periodic component superposed on the rising temperature one, which is created by the average surface flux. Components used to find grinding temperature by changing

the interrupted and high porous grinding wheel geometry parameters including sealing surface machining.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 191-201.

В. К. Лобанов, Г. И. Пашкова, Харьков, Украина

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ЦАПФ ЗАДНИХ МОСТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Актуальной задачей современного машиностроения является повышение эксплуатационной надежности транспортных средств. Использование быстроходных двигателей большой мощности обуславливает увеличение нагрузочных режимов основных агрегатов и деталей. При этом необходимо повышение надежности и долговечности этих узлов и деталей. Решение указанных проблем тесно связано с наиболее полным использованием свойств материалов и рациональным конструированием узлов транспортных средств.

Целью настоящей работы являлась сравнительная оценка сопротивления усталости цапф заднего моста специального транспортного средства «Дозор», изготовленных по различным технологическим схемам, в условиях нагружения, имитирующего эксплуатационное.

Кроме того, представляло интерес исследование напряженного состояния цапф в условиях такого нагружения, и особенно определение значений напряжений в зоне соединения цапфы с насадкой.

В качестве объектов исследования были использованы натурные цапфы заднего моста сварной или составной конструкции (по способу соединения непосредственно цапфы с насадкой).

Впервые реализована в лабораторных условиях методика испытаний на усталость цапф заднего моста транспортного средства «Дозор» с различными вариантами изготовления.

Установлено, что нагружение цапф одновременно изгибающим и крутящим моментами отражает условия работы деталей в эксплуатации.

Данные, полученные при тензометрировании цапф в процессе статического нагружения показывают, что уровень напряжений во всех случаях существенно ниже предела выносливости материала цапф.

Результаты испытаний на усталость свидетельствуют о том, что при совместном действии изгиба и кручения разрушение цапф происходит по шлицам независимо от варианта изготовления деталей.

На основе данных тензометрирования и усталостных испытаний, следует заключить, что выбранная схема испытаний цапф при одновременном действии изгибающего и крутящего моментов может служить основой разработки технологии и нормативов для проведения выборочных контрольных испытаний цапф в серийном производстве с целью периодического контроля уровня и стабильности качества их изготовления.

*Повністю опубліковано у Віснику НТУ «ХПІ», серія:
Технології в машинобудуванні, ISSN 2079-0791, 2015, № 4 (1113): 129-131.*

Е. В. Мироненко, Г. П. Клименко, В. В. Калиниченко, Краматорск, Украина

ОБЩАЯ СТРУКТУРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Себестоимость и конкурентоспособность продукции современного машиностроения в значительной степени зависят от стоимости энергозатрат на механическую обработку деталей машин. По известным данным удельная доля стоимости энергозатрат в общей себестоимости продукции машиностроения стран постсоветского пространства составляет от 15 до 25 % и характеризуется тенденцией неуклонного роста в связи с постоянным повышением цен на электроэнергию. В связи с этим, стратегическим направлением обеспечения высокой конкурентоспособности продукции отечественного машиностроения является повышение энергоэффективности процессов механической обработки деталей. Особое значение проблема повышения энергоэффективности механической обработки деталей приобретает для высокоэнергоемкого тяжелого машиностроения.

Рациональная эксплуатация станочного оборудования базируется на использовании оптимальных технологических параметров механической обработки. При решении различных задач оптимизации процессов механической обработки в качестве критериев оптимизации могут использоваться различные по своей сущности критерии: как физические (например, интенсивность изнашивания инструмента), так и экономические (например, производительность, технологическая себестоимость обработки), а также обобщенные критерии, основанные на комплексной оценке различных аспектов процесса резания.

Очевидно, что при оптимизации высокоэнергоемких процессов механической обработки, к которым относится обработка деталей тяжелого машиностроения, логично применять критерии оптимизации, связанные с

величиною енергозатрат на процес різання. В частині, в роботах В. К. Старкова, Ж. А. Мрочка, А. В. Карпова і др. в якості критеріїв оптимізації процесу механічної обробки пропонується використовувати кількісні показники удільної енергоємності різання. Серед достоїнств цих показників, обумовлюючих перспективність їх застосування в оптимізаційних моделях процесів механічної обробки, дослідники відзначають їх чіткий фізичний зміст, універсальність, простоту визначення з допомогою як теоретичних, так і експериментальних методів.

Незважаючи на загальновідомий високий рівень енергозатрат при обробці деталей важкого машинобудування, в оптимізаційних моделях процесів обробки на важких токарних станках енергетичні критерії оптимізації знайшли достатньо обмежене застосування. Однак з ростом вартості електроенергії проблема підвищення енергоефективності механічної обробки деталей стає все більш актуальною і передбачає розробку математичних моделей оптимізації процесів різання, заснованих на використанні енергетичних критеріїв оптимізації.

Ціль роботи – на основі аналізу системи факторів, впливаючих на енергозатрати процесу різання, сформулювати загальні наукові підходи до формування структури оптимізаційної математичної моделі для визначення енергоефективних технологічних параметрів обробки на важких токарних станках.

Представлені загальні наукові підходи до формування структури оптимізаційної математичної моделі для визначення енергоефективних технологічних параметрів токарної обробки деталей важкого машинобудування.

В якості цільової функції моделі запропонована функція мінімуму удільної енергоємності різання.

Удільна енергоємність різання може застосовуватися як в якості єдиного критерію в однокритеріальній оптимізації, так і спільно з іншими критеріями економічного характеру (такими, як критерії собівартості обробки, витрати твердого сплаву і др.) в багатокритеріальній оптимізації.

Представлений загальний вигляд обмежень моделі, в тому числі обмеження по часу роботи двигача приводу головного руху станка на холостому ходу.

Моделі, сформульовані на основі представлених підходів, можуть застосовуватися в розрахунках енергоефективних технологічних параметрів обробки і при розробці принципів адаптивного управління станками.

Я. Б. Немировський, Київ, Україна
А. В. Чернявський, П. Н. Єремін, Кіровоград, Україна

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА УСАДКИ ОТВЕРСТИЙ ПРИ ДЕФОРМИРУЮЩЕМ ПРОТЯГИВАНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЧУГУНА

При деформирующем протягивании отверстий в осесимметричных изделиях изменяются все размеры заготовки, а именно: пластически увеличивается диаметр отверстия, уменьшается толщина стенки и изменяется ее длина.

В работе рассматривается вопрос определения диаметра обработанного отверстия после деформирующего протягивания. Этот вопрос является актуальным не только с научной, но и с практической точки зрения. Обусловлено это использованием деформирующего протягивания в качестве финишной операции, окончательно определяющей размеры и погрешности. Если деформирующее протягивание является промежуточной операцией, то размер обработанного отверстия определяет припуск под последующую обработку. Особенно это важно при конструировании комбинированного деформирующе-режущего инструмента, где условия работы каждого последующего рабочего элемента напрямую зависят от предыдущего.

Полученные данные показали, что выбор усадки в качестве основного параметра, определяющего размер обработанного отверстия, является наиболее приемлемым и учитывает особенности обработки изделий из чугуна деформирующим протягиванием.

Установлено, в частности, что на первых циклах деформирования имеет место существенное влияние высотных параметров шероховатости на величину усадки, которое в дальнейшем становится малозаметным. Влияние высотных параметров можно учитывать по установленной функциональной связи высотных параметров с суммарным контактным давлением, возникающим на каждом цикле деформирования изделий из серых чугунов.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 109-121.*

С. А. Нестеренко, Д. А. Пурич, Ан. А. Становский, Д. А. Монова
Одесса, Украина

САПР РЕИНЖИНИРИНГА МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Любые ремонтпригодные системы, которые находятся в эксплуатации, на определенном этапе их жизненного цикла требуют восстановления

элементов и соединяющих их связей, утративших работоспособность. Для проектирования работ и оборудования, необходимых для такого восстановления, проектировщик, в свою очередь, нуждается в адекватной оценке текущего состояния объекта, работоспособности всех его узлов и связей между ними.

К сожалению, многие ответственные объекты современного производства, энергетики, транспорта и пр., которые могут быть представлены в виде сложной системы с нагруженным резервированием (ССНР), частично недоступны для их непосредственного мониторинга, а значит, и для анализа в рамках проектирования, обязательно предшествующего восстановлению.

Примерами таких объектов могут служить недоступный по каким-либо причинам измерительный комплекс системы контроля параметров АЭС, расположенный в опасной радиоактивной зоне, часть гидравлической сети морского очистного комплекса, погруженная в воду, часть здания или сооружения, находящаяся в земле, недоступные части электрооборудования транспортного средства во время его движения и многое другое.

Задача еще больше усложняется, если объект содержит части, недоступные не только для мониторинга, но и для ремонта. В этом случае приходится производить ремонтные работы только на доступной части, стараясь сохранить при этом работоспособность объекта в целом. Если же дополнительным ограничением является необходимость выполнять такой ремонт без остановки, «на ходу», то проблема сводится к автоматизированному комбинированному проектированию технологии (САПР-Т) и оборудования (САПР-К) для реинжиниринга – деятельности по модернизации ранее реализованных технических решений на действующем объекте.

Для реинжиниринга нужны не только готовые запасные узлы, стандартный инструмент и приспособления (ЗИП), но и некоторые новые, раньше не проектированные, детали и узлы объекта. Для создания таких элементов и технологии реинжиниринга необходима новая комбинированная система их проектирования.

С учетом потребности в сокращении сроков простоя ремонтируемого «в движении» объекта для решения таких задач трудно обойтись без соответствующей САПР реинжиниринга, работающей в он-лайн режиме. В основе такой САПР лежит, прежде всего, моделирование и анализ текущего состояния объекта, которые бывают достаточно затрудненными, если по условиям работы последнего он частично недоступен для мониторинга, т.е. состояние, целостность и повреждения его структуры не могут быть определены непосредственно. Обработка же косвенных сигналов представляет собой сложную и нетривиальную задачу в САПР реинжиниринга.

Поэтому проблема разработки предназначенных для комбинированных САПР реинжиниринга частично недоступных для мониторинга и ремонта ССНР методов проектирования, а также поддержки принятия решений в САПР, основанные на моделях, позволяющие извлекать информацию о состоянии объекта при неполных данных о нем, является весьма актуальной.

Целью работы является снижение времени, затрачиваемого на отдельных этапах автоматизированного проектирования технологии и оборудования для реинжиниринга ССНР, и повышение эксплуатационной надежности объектов в период эксплуатации после реинжиниринга путем разработки и внедрения автоматизированной системы поддержки принятия решений, основанной на методе дистанционного моделирования и анализа частично недоступных мониторингу и ремонту сложных систем.

Для достижения этой цели в работе были решены следующие задачи:

– предложен метод моделирования и анализа в САПР структуры частично недоступных для мониторинга ССНР с помощью информационных морфологических моделей (ИММ);

– создана комбинированная САПР реинжиниринга частично недоступных для мониторинга ССНР «REPRES»;

– выполнена практическая оценка метода при производственных испытаниях САПР «REPRES» на предприятии автомобильного транспорта с положительным технико-экономическим эффектом.

Методы и модели, предложенные в настоящей работе, позволили разработать и реализовать пакет прикладных программ, объединенных в САПР «REPRES».

В результате испытания установлено, что использование САПР «REPRES» позволило уменьшить срок проектирования технологии и оснастки для осуществления в эксплуатации реинжиниринга электрооборудования автомобиля КраЗ-65055 на 28 % и увеличить пробег автомобиля до следующего реинжиниринга на 16 %.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 109-115.

Н. В. Новиков, Е. А. Пашенко, С. В. Рябченко, Киев, Украина

ШЛИФОВАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА НА СТАНКАХ С ЧПУ КРУГАМИ ИЗ СТМ

Разработаны новые абразивные композиты на керамических связках на основе комбинации силикатных стекол, а также продуктов глубокой деструкции силоксановых полимеров. В качестве абразива в данных

матеріалах можуть використовуватися: кубічний нітрид бора, алмази, корунд, карбід кремнія, карбід бора.

Основне отличие новых композитов от традиционных абразивных материалов на керамических связках заключается в особенностях их строения. Использованный нетрадиционный подход к формированию архитектуры композитов позволил реализовать в них неизвестное ранее сочетание структурных характеристик.

Данные материалы имеют открытую капиллярную пористость при объемной доле пор 15–30%, что само по себе не может считаться чем-то необычным. Однако высокая открытая пористость сочетается с физико-механическими характеристиками на уровне горячепрессованных низкопористых композитов на основе стекол.

Объемная доля связки составляет в разработанных композитах 25–40%, что необычно много для высокопористых материалов, тем более, при открытом характере пор. Объемная доля абразивных зерен, даже в случае обычных абразивных абразивов (корунд, карбид кремния, карбид бора) не превышала 25% по объему для шлифзерна, и была существенно меньше (5–10% по объему) для микропорошков.

В целом, разработанный новый тип абразивного композита на керамической связке представляет собой легкую (характерную плотность 1,6–2,2 г/см³), но жесткую и износостойкую капиллярно-пористую керамическую «губку» с равномерно распределенными в объеме абразивными зёрнами.

Установлено, что для условий финишного и черного шлифования влияние вариации разрушающей P_{zk} и действующей P_z нагрузок являются взаимно противоположными. При финишном шлифовании с увеличением разбросов износостойкость круга уменьшается и, наоборот, при черновом шлифовании с увеличением разбросов износостойкость круга увеличивается.

Варьируя условия спекания композита: давление и температуру термообработки в пресс-форме, а также температуру последующей термообработки вне пресс-формы, можно получать шлифовальные круги из СТМ, обладающие широким диапазоном свойств.

Результаты испытаний показали, что разработанные Институтом сверхтвёрдых материалов НАН Украины специальные алмазные круги на специальных связках, позволили обеспечить хорошую работоспособность кругов при шлифовании инструмента из твёрдого сплава на специальном шлифовально-заточном станке-автомате с ЧПУ фирмы «JUNGER» модели US 600 CNC и обеспечить износ наружного диаметра круга около 0,02 мм, что по стойкости соответствовало уровню износа швейцарских кругов.

Шероховатость обработанной поверхности Ra 0,2 мкм.

Ф. В. Новиков, О. С. Кленов, Харьков, Украина

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КРУГЛОГО НАРУЖНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЯМ ТОЧНОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ

Шлифование является основным методом финишной обработки деталей машин, обеспечивающим высокие показатели точности и качества обрабатываемых поверхностей. Благодаря образованию тончайших срезов абразивными зёрнами резко снижается силовая напряженность процесса шлифования, что приводит к уменьшению упругих перемещений возникающих в технологической системе, и соответственно погрешностей обработки. В особой мере это относится к операциям круглого наружного шлифования, основанных на реализации автоматизированных циклов шлифования. Однако такой режим обработки, как правило, снижает производительность, что неэффективно.

Поэтому актуальной задачей является поиск оптимальных условий шлифования, обеспечивающих одновременное повышение точности и производительности обработки. Это требует решения оптимизационных задач в технологии машиностроения.

Традиционно цикл круглого наружного шлифования выполняется в несколько этапов, включая черновое (чистовое) шлифование и выхаживание. Это позволяет уменьшить и даже исключить отрицательное влияние упругих перемещений, возникающих в технологической системе, на точность обработки. С целью исключения переходного процесса в начале обработки и повышения производительности рекомендуется создание начального натяга в технологической системе. В этом случае этап чернового шлифования протекает в установившемся во времени процессе обработки, что позволяет автоматизировать цикл круглого наружного шлифования. Однако известно, что данный автоматизированный цикл шлифования не является оптимальным с точки зрения обеспечения максимально возможной производительности обработки с учетом ограничения по точности обработки, определяемой упругими перемещениями в технологической системе. Это требует уточнения известных решений. Поэтому важно установить наименьшее основное время обработки при шлифовании, обеспечивающее заданную точность обработки, определяемую величиной упругого перемещения, возникающего в технологической системе.

Целью работы является повышение эффективности круглого наружного шлифования на основе оптимизации параметров шлифования по критериям точности и производительности обработки. Задача состоит в теоретическом обосновании оптимального автоматизированного цикла круглого наружного шлифования.

Получено новое теоретическое решение об определении наименьшего основного времени обработки при шлифовании, которое обеспечивает заданную точность обработки, определяемую величиной упругого перемещения, возникающего в технологической системе. Установлено, что оптимальный (с точки зрения наименьшего основного времени обработки) автоматизированный цикл круглого наружного шлифования осуществляется в один этап, включающий лишь этап выхаживания с созданием в технологической системе начального натяга, равного или кратного величине снимаемого припуска. При этом необходимо применение высокочастотных осциллирующих продольных движений стола станка (или шлифовального круга) и установление максимально возможной скорости вращения детали, исходя из технических характеристик круглошлифовального станка. Полученное теоретическое решение позволило уточнить известное решение, согласно которому применяемый на практике автоматизированный цикл круглого наружного шлифования выполняется в несколько этапов, включая черновое (чистовое) шлифование и выхаживание. Как установлено теоретически, этот цикл менее производительный по сравнению с рекомендуемым в работе циклом.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 122-129.*

Г. А. Оборский, Ю. Г. Паленный, В. П. Гугнин, Л. М. Перпери,
А. М. Голобородько, Одесса, Украина

БЕСКОНТАКТНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ ИНСТРУМЕНТА И ДЕТАЛИ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

Погрешность обработки детали режущим инструментом не в последнюю очередь зависит от точности позиционирования инструмента и детали при обработке. Современное оборудование позволяет обеспечивать позиционирование инструмента с достаточно высокой точностью, однако, в процессе обработки возникают факторы, которые могут значительно снизить точность полученной детали.

К таким факторам относятся:

- биение шпинделя вследствие износа подшипников;
- недостаточная жесткость одного или нескольких элементов технологической системы «станок – приспособление – инструмент – заготовка»;
- износ инструмента и погрешность его установки;
- температурные деформации технологической системы;

- правильний вибір смазуюче-охолоджуючої технологічної середовища.

Актуальними є питання, пов'язані з створенням методу, який дозволить виробляти вимірювання взаємного переміщення інструмента і оброблюваної деталі в процесі обробки.

Всі ці фактори в різній ступені впливають на похибку обробки і для оцінки цього впливу необхідно вибрати метод вимірювання похибки, безпосередньо в процесі різання, суттєво знижуючий похибку вимірювання і дозволяючий здійснювати управління точністю обробки. Або створити новий метод, в значній ступені позбавлений недоліків існуючих, що і є метою даної роботи.

Виконано аналіз джерел похибок контактних і безконтактних преобразувачів з метою створення методу безконтактного вимірювання відносних переміщень інструмента і деталі в процесі різання.

Для підвищення точності безконтактних преобразувачів переміщень використовуваних для проведення вимірювань в процесі різання, необхідно провести детальне вивчення джерел похибок пов'язаних з властивостями магнітних і електричних полів і їх взаємодія з дестабілізуючими факторами, виникаючими в процесі різання.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 226-232.

Г. А. Оборський, В. М. Тонконогий, В. Д. Гогунський, Одеса, Україна

НАУКОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ УНИВЕРСИТЕТА

Теоретические, функциональные и структурные изменения в различных областях знаний, транслируясь через научные публикации во всемирном интернет-пространстве, отражают тенденции развития научных направлений, новые полученные данные и достижения конкретных исследователей. Наличие доступного множества публикаций в мировой паутине создает условия для развития наукометрических исследований по обоснованию и применению измерений в такой слабо структурированной области, как научные исследования. Мировой опыт коммуникации сообщества ученых через научные публикации в информационном пространстве всемирной паутины свидетельствует о целесообразности применения некоторых

показателів наукової діяльності, яка виражається в публікаційній активності.

Ціль роботи – дослідити практичні аспекти роботи з некомерційними програмними продуктами “Publish or Perish” і “Google Академія” з розширенням їх області застосування для відображення результатів публікаційної активності викладачів.

Доступ до множини публікацій світового співтовариства вчених формує нове ставлення до такої слабо структурованої області, як наукометричні бази даних публікацій. Навіть світові лідери в наданні наукометричних послуг, такі як Scopus, представляють дані у формі: «as is» (як є). Такий підхід не є продуктивним через відсутність зворотного зв'язку між авторами і командою супроводження наукометричних баз. Для підвищення достовірності визначення кількості статей для університетів і організацій авторам публікацій слід надати можливість інтерактивного уточнення метаданих своїх статей.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 130-138.*

О. Р. Онисько, О. М. Богаченко, Л. Я. Роп'як, Івано-Франківськ, Україна

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АРМУВАННЯ ТІЛ ОБЕРТАННЯ ГРАНУЛАМИ ЛЕГКИХ КАРБІДІВ У ПРОЦЕСІ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ВІДЦЕНТРОВОГО ЛИТТЯ

Описано технологічні аспекти і їх часткове аналітичне підтвердження стосовно процесу електрошлакового відцентрового армування твердосплавними гранулами густини яких є меншою від густини сталевих матриць.

Серед аспектів технологічного процесу – застосування гальванічного покриття твердосплавних гранул з метою покращеного змочування останніх у сталевому розплаві, захист твердого сплаву від розчинення у сталі і збільшення питомої густини армуючих гранул.

На думку авторів отримана композиція «сталеві матриці – гальванопокриті твердосплавні гранули» може бути застосована для якісного армування периферійної частини бурових інструментів у формі тіл обертання. У подальших дослідженнях варто аналітично розглянути процес розчинення гальванопокриття гранул в умовах відцентрового лиття.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 128-139.*

А. А. Оргиян, А. В. Баланюк, Албакуш Аимен, Одеса, Україна

РАСЧЕТЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТОНКОГО РАСТАЧИВАНИЯ ГЛАДКИХ И СТУПЕНЧАТЫХ ОТВЕРСТИЙ

На основе развития теории точности предложен расчет статических и динамических погрешностей формы поперечного сечения отверстия при тонком растачивании. Значения этих погрешностей определяются по номограммам, составленным для стали, чугуна, алюминия и бронзы.

Методика расчета статических погрешностей при однорезцовой обработке основана на суммировании частных погрешностей, вызванных смещением осей заготовки и шпинделя (\dot{I}_a), овальностью отверстия в заготовке (\dot{I}_o) и неравномерностью податливости шпиндельного узла по углу поворота (\dot{I}_K). Каждая из этих погрешностей, рассчитываемая как произведение податливости у резца (K) на известную функцию, представляет собой некоторое перемещение борштанги в сечении резца.

Предложена расчетная модель для определения динамических погрешностей на основе технологической динамики

Установлено, что при обработке отверстий за один проход на точность сильно влияет овальность отверстия в заготовке. Для борштанг диаметром от 40 до 80 мм при относительной длине инструмента (l_B/d_B) от 1 до 4 и глубине резания от 0,05 до 0,4 мм можно принять усредненное соотношение между частными погрешностями $P_K : P_o : P_e = 10 : 100 : 5$. Однако, после второго прохода это соотношение изменяется из-за значительного уменьшения \dot{I}_o , и для средних значений выполняется соотношение $P_K : P_o : P_e = 100 : 20 : 1$, то есть определяющим точность фактором становится переменность податливости.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 235-248.

А. А. Оргиян, Г. П. Кремнев, В. М. Колесник, Одеса, Україна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УРОВНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ И МАГИСТРОВ

На основании анализа учебных планов и рабочих программ курсов технологического профиля сформирован подход для повышения уровня практической подготовки бакалавров и магистров.

Приводиться структура учебних посібий по учебним дисциплінам: Технологічні основи конструювання (лекційний і практичний курси), Ресурсо- і енерго зберігаючі технології в машинобудуванні (курс лекцій і лабораторно-практичний цикл), Методи механічної обробки на універсальних станках (учебне посібий з методическими указаннями), Системи технологій (учебне посібий для немеханічесеских спеціальностей).

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 116-122.

В. А. Пасічник, Ю. І. Адаменко, Ю. Й. Бесарабець, С. О. Степаненко, Київ, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРІВ КОМБІНОВАНИМИ СВЕРДЛАМИ У ДЕТАЛЯХ З ПКМ

Під час обробки отворів у деталях з полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) виникає ряд дефектів, зокрема ворсистість та викришування кромки отвору, розшарування матеріалу на вході та на виході інструменту з отвору, висока шорсткість, деструкція поверхневого шару та ін. З метою забезпечення якості обробки створено низку конструкцій осьових інструментів, які враховують специфічні фізико-механічні властивості композиційних матеріалів.

Удосконалення схем механічної обробки отворів в деталях з ПКМ знижує значення силових показників; забезпечення якості на виході інструмента з оброблюваної заготовки; підвищення продуктивності та уникнення утворення розшарування.

На базі можливих схем розроблені конструкції інструментів: комбінований різальний інструмент з підкладним елементом та без підкладного елемента, на данні конструкції було отримано Патенти України на корисну модель; комбіноване свердло з обгінною муфтою осьового ходу та подана заявка на Патент України на корисну модель.

Порівняння умов експлуатації двох конструкцій удосконаленого інструмента отримуємо такі результати: комбінований інструмент з підкладним елементом має кращий результат по часу обробки отвору та менший виліт інструменту за границю заготовки ніж без підкладного елемента. Якщо маємо необмежений виліт інструмента за границі заготовки, то краще використовувати комбінований інструмент без підкладного елемента. Дефектна зона переходить у середину заготовки, що забезпечує якість обробки граничних шарів заготовки.

Дослід показав, при використанні удосконалених схем механічної обробки отворів в деталях з ПКМ, що оброблюються комбінованим свердлом

з об'їмною муфтою осевого ходу забезпечує якість оброблюваної поверхні на виході інструмента уникнення утворення розшарування.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 233-245.

А. А. Пермяков, Харків, Україна

СОВРЕМЕННЫЕ СИЛОВЫЕ АГРЕГАТЫ КАК ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СОЗДАНИЯ СТАНКОВ И СИСТЕМ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Современные агрегатные технологические системы механической обработки (АТСМ) существенно отличаются от своих предшественников, хотя главные идеи этих станков и систем остались прежними:

- высокие показатели производительности и как следствие низкая технологическая себестоимость обработки деталей;
- высокий уровень автоматизации;
- агрегатно-модульный принцип построения;
- кратчайшие сроки проектирования и изготовления;
- невысокая стоимость оборудования и быстрая его окупаемость.

Главным отличием и преимуществом современных агрегатных технологических систем механической обработки от их предшественников (агрегатных станков) является технологическая гибкость, переналаживаемость и перекомпоновка. Принципиальное отличие состоит в том, что перекомпоновка в отличие от переналадки меняет структуру станка. Проблему повышения гибкости разрешила практически не использовавшаяся ранее идея принципа агрегатирования – обратимость унифицированной элементной базы.

Современные АТСМ применяются в разных отраслях промышленности: общего машиностроения, авиационной промышленности, в производстве различного электрооборудования, медицинской техники, в приборостроении, в оборонной промышленности и др. Поэтому к современным агрегатным технологическим системам предъявляются требования высокой производительности и точности в сочетании с широкой универсальностью и высокой мобильностью (гибкостью), позволяющих производить быстрый переход с изготовления одних деталей на изготовление других, часто в широком диапазоне их разновидностей.

Очевидно, что все эти условия требуют, чтобы технологические системы проектировались с учетом возможности их разной компоновки, конструкции, состава узлов и механизмов с целью получения требуемых заказчиком технических и технологических характеристик этих станков.

Желательно также чтобы эти системы имели много единых комплектующих узлов и механизмов и по возможности аналогичных им с одинаковыми конструктивными решениями в виде отдельных модулей, что позволяло бы производить их централизованно как самими станкостроительными фирмами, так и специализированными. Это позволило бы сократить сроки разработки и стоимость разных типов и модификаций АТСМ с максимальным учетом требований заказчика, повысить их точность и надежность, облегчить их эксплуатацию и ремонт.

В работе выполнен анализ номенклатуры и технико-технологических характеристик силовых агрегатов для создания станков и систем агрегатно-модульной конструкции.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 123-133.

А. А. Пермяков, А. П. Пациора, Н. А. Чикина, Харьков, Украина

РЕАКЦИЯ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ НА НАПРАВЛЯЮЩИХ ОПОРАХ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА ПО СХЕМЕ ВТА(STS)

Качество обработки глубоких отверстий с наружным подводом СОЖ в системе STS(ВТА) в значительной степени зависит от состояния направляющих опор инструмента. Уменьшение диаметра инструмента вследствие износа направляющих опор приводит к потере жёсткости, что является одной из причин увода оси и снижения показателей шероховатости и точности отверстия. В работе доказана возможность реализации гидродинамического эффекта между направляющими опорами и обрабатываемой поверхностью. Создание условий, при которых направляющие опоры и поверхность отверстия разделены несущим слоем СОЖ, обеспечат минимальный и постоянный по значению коэффициент трения в течение всего времени обработки. Это исключит дисбаланс инструмента, связанный с изменением направления вектора результирующей нагрузки при увеличении значения коэффициента трения в процессе износа направляющих опор. Реализация данного решения позволит устранить составляющую величины увода оси отверстия, вызванную дисбалансом инструмента в процессе износа направляющих опор, улучшить шероховатость отверстия и обеспечить стабильность диаметра по всей длине отверстия.

Полученная функция распределения давления в безынтегральном виде позволила провести исследование влияния конструктивных параметров инструмента и технологических факторов на формирование несущего слоя

СОЖ а також вивести рівняння реакції змазочного шару, які в поєднанні з залежностями, отриманими нами раніше, дозволяють описати рух інструмента при роботі в гідродинамічному режимі змазки напрямлюючих опор. На основі отриманих результатів можливо точний розрахунок параметрів інструмента і визначення режимів різання, що забезпечують беззносний режим роботи напрямлюючих опор і максимальну якість обробки глибоких отворів.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць ОНПУ
Сучасні системи технологій в машинобудуванні, присвяченому
90-річчю професора Якимова О. В., ISBN 978-966-383-600-3, 2015: 137-145.*

К. Д. Поперека, В. Л. Костенко, Одеса, Україна

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ ФАКТОРІВ

У роботі проведено дослідження з розробки спеціалізованого програмного забезпечення автоматизованого контролю комплексного показника санітарно-гігієнічного стану робочої зони, описано алгоритм та структурну схему програми, яка дозволяє в автоматичному режимі досліджувати нормовані параметри, прискорити процес вимірювання, а також обробити виміряні дані й оцінити їх невизначеність.

Застосування розроблених програмних методів обробки вимірювальної інформації також дає можливість обробляти результати за методиками, які дозволяють збільшити точність і достовірність отриманих результатів та розширити діапазон вимірювань.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 306-313.*

Е. К. Посвятенко, Київ, Україна, Р. В. Будяк, Вінниця, Україна
Н. І. Посвятенко, Київ, Україна

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ ДЕТАЛЕЙ ПІСЛЯ КОМБІНОВАНОГО ПРОТЯГУВАННЯ

Виконавчим органом гідроприводу сільськогосподарських машиннайчастіше служить один або кілька силових та маніпуляційних гідроциліндрів. Найбільш відповідальною і складною деталлю останніх з позиції виготовлення та ремонту є гільза, оскільки її отвір, що має, як

правило, відношення довжини до діаметру понад 8–10, належить класу глибоких. Крім того, поверхня отвору повинна відповідати досить жорстким вимогам за показниками точності: некругість в межах Н7–Н9 і відхилення від прямолінійності твірної (нециліндричність) до 0,015–0,25 мм на 1000 мм довжини отвору, а також шорсткість обробленої поверхні за показником Ra не вище 0,05–0,15 мкм.

Ресурсозберігаючий процес обробки глибоких отворів у гільзах гідроциліндрів, виготовлених з трубопрокату, доцільно будувати за схемою «комбіноване протягування – розкочування роликів інструментом». Разом з тим, в ході розробки протяжного інструменту слід вирішити ще кілька малодосліджених проблем, пов'язаних у кінцевому результаті з надійністю виробу, зокрема: зниження негативного впливу на прямолінійність отвору «пластичного шарніру», підвищення міцності і стійкості робочих елементів протяжок, зменшення рівня вібрацій інструменту при обробці гільзи, посилення радіальної жорсткості останньої технологічними методами, а також розробку програми розрахунку комбінованого інструменту. Комплекс властивостей гільзи, у першу чергу їхньої поверхні і поверхневого шару, формує надійність гідроциліндрів.

Основною метою роботи є дослідження фізико-механічних властивостей поверхні гільз після протягування та визначення залишкових напружень.

Визначено вплив фізико-механічних та геометричних властивостей поверхні гільз після комбінованого протягування, що передувє фінішній розкатці, на надійність гідроциліндрів. Товщина холодного зміцнення і текстурованості поверхневого шару сягає 0,2 мм, а коефіцієнт тертя на задню поверхню різального інструменту зубця протяжки знижується попереднім холодним деформаційним зміцнення з 0,5 – 0,7 до 0,2 – 0,35. Це дозволяє рекомендувати схему елементарної комірки комбінованої протяжки у вигляді: «деформуючий елемент – двох-грьохзуба секція». Деформуюче-різальне протягування сприяє виникненню у поверхневому шарі трубної заготовки сприятливих тангенціальних залишкових напружень першого роду.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 246-251.

Р. Г. Пузырь, Кременчуг, Україна

РАСЧЕТ КОМПОНЕНТ ТЕНЗОРА НАПРЯЖЕНИЙ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ ПРОФИЛЯ ОБОДА КОЛЕСА С УЧЕТОМ ПОВЕРХНОСТНОЙ НАГРУЗКИ

Рассматриваются вопросы определения поля напряжений при формоизменении ободьев колес из стальных цилиндрических заготовок на

первому переходе радиально-ротационного профилирования. Результаты теоретического исследования позволяют анализировать возникающие в процессе деформирования напряжения и определять совокупность технологических и конструкторских параметров процесса профилирования, которые оказывают значительное влияние на величину и распределение нормальных и касательных напряжений.

Установлены зависимости для расчета величины меридианальных внутренних усилий, которые являются наиболее опасными с точки зрения локализации деформаций и выявлены технологические и конструкторские факторы, оказывающие влияние на распределение этих усилий по образующей профиля. Тангенциальные внутренние усилия можно найти из условия пластичности по гипотезе максимальных касательных напряжений для плоского напряженного состояния. Снижать величину растягивающих напряжений можно увеличивая диаметр заготовки и уменьшая диаметры деформирующего инструмента.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 134-140.*

И. Н. Пыжов, В. А. Федорович, Харьков, Украина
В. Г. Клименко, Полтава, Украина

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРАВКИ АЛМАЗНЫХ КРУГОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Известно, что правку алмазных кругов выполняют в случаях «засаливания» режущей поверхности, при неравномерном износе и необходимости восстановления заданной формы круга. Наиболее простым и доступным способом является правка алмазными карандашами методом обтачивания. При правке алмазным инструментом может происходить дробление абразивного материала, удаление целых зерен и связи шлифовального круга. В связи с этим представляет определенный интерес установление физической сущности процесса разрушения зерен круга. Наш взгляд одним из путей решения этой задачи является использование 3D моделирования методом конечных элементов. В перспективе это позволит установить условия управления характером этого разрушения в пределах от микро- до макроразрушения.

3D моделирование методом конечных элементов уже широко используется применительно к процессам лезвийной и абразивной обработок, а также спекания алмазоносного слоя кругов на различных связках и правки шлифовальных кругов из традиционных абразивных материалов. Данные по анализу напряженно-деформированного состояния (НДС) при правке

алмазних кругів алмазними карандашами відсутні, в той час як цей процес має ряд принципових особливостей, які пов'язані, в першу чергу, з використанням алмазних зерен і наявністю в них включень металофазы фізико-механічними властивостями якої суттєво відрізняються від алмаза.

Мета дослідження – виявлення фізичних особливостей процесу правки алмазних кругів алмазними карандашами.

Отримані дані свідчать про те, що наявність в алмазних зернах металофазы при силової навантаженні досліджуваної системи для різних видів зв'язок може сприяти полегшенню процесу їх руйнування при правці кругів.

Удосконалені алмазні карандаші забезпечують працездатність при правці абразивних кругів на рівні природних алмазів.

В подальшому представляє інтерес дослідження по правці алмазних кругів запропонованими алмазними карандашами.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 54-62.*

Н. С. Равська, О. А. Охріменко, Київ, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВІДХИЛЕННЯ ПРОФІЛЮ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ВІД ЕВОЛЬВЕНТНОГО ПРИ ЇХ ЗУБОФРЕЗЕРУВАННІ ЧЕРВ'ЯЧНИМИ ФРЕЗАМИ

В роботі досліджено вплив конструктивних параметрів черв'ячних фрез і зубчастих коліс на точність профілю зубчастого колеса. З урахуванням кінематики процесу зубофрезерування на прикладі вихідних інструментальних поверхонь архімедових і конволютних черв'ячних фрез визначені похибки профілю прямокутних зубчастих коліс, які виникають при заміні теоретично точного евольвентного черв'яка.

Встановлено, що корекцією профільного кута вихідної інструментальної поверхні можна зменшити похибки профілю зубчастого колеса. За результатами досліджень запропоновано раціональні параметри кутової корекції профілю вихідної інструментальної поверхні черв'ячних фрез, що забезпечують мінімальні відхилення профілю колеса від евольвенти.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 249-258.*

Л. Я. Роп'як, К. Г. Левчук, К. І. Цідило, Івано-Франківськ, Україна

ВПЛИВ ЕЙЛЕРОВИХ СИЛ НА ТОЧНІСТЬ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ ПРИ СВЕРДЛІННІ

У сучасному машинобудуванні підвищення точності, якості та продуктивності механічної обробки деталей машин і механізмів є головною запорукою створення конкурентноспроможної продукції. На даний час деталі з отворами займають вагоме місце в складі машинобудівної продукції різного призначення, а трудомісткість виготовлення отворів у таких деталях може досягати за різними даними близько 20 % від загальної трудомісткості всієї механічної обробки. Технологічні процеси оброблених отворів можна розділити на два класи: заготовка є із суцільного матеріалу; заготовка має отвори з припуском для подальшої механічної обробки. В залежності від функціонального призначення отворів у деталях ставляться вимоги до їх точності, шорсткості та взаємного розташування. В зв'язку з цим актуальним завданням є забезпечення високої точності лезової обробки отворів у деталях.

Механічній обробці отворів приділяється велика увага багатьох дослідників. Підвищенню точності отворів при свердлінні присвячена робота [1] в якій запропоновано конструкторсько-технологічні умови підвищення якості оброблення за рахунок використання раціональних схем обробки та розташування ріжучих елементів і поділу припуску на обробку. Дослідження [2] спрямоване на зменшення вібрацій при обробці отворів.

Проблема точності обробки деталей певною мірою пов'язана із впливом ейлерових сил інерції: відцентрових та коріолісових, особливо це актуально при обробці отворів в заготовках із алюмінієвих сплавів. Дія таких сил посилюється зі збільшенням кутової швидкості свердління. Це може призвести до похибок в процесі свердління, точіння, свердління, розточування або шліфування.

Відомі спроби дослідити вплив гіроскопічних ефектів, пов'язаних з прецесійним рухом осі шпиндельного вузла верстата і свердла, на розміщення осі отвору відносно заданої бази з використанням лінійної моделі. Однак, вибрана в цих роботах лінійна модель для дослідження виникнення похибок при свердлінні отворів не в повній мірі відображає реальні умови роботи інструменту.

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування умов суттєвого зменшення похибки при свердлінні отворів з урахуванням оцінки впливу гіроскопічного ефекту шляхом побудови нелінійної моделі.

Побудована математична модель коливального руху свердла, що враховує його відхилення в радіальному напрямку. Ця модель враховує гіроскопічний ефект, який виникає внаслідок швидкого обертального руху свердла.

За основною властивістю гіроскопії зі збільшенням кутової швидкості свердління амплітуда коливань системи шпиндельний вузол верстата – свердло зменшується, і як наслідок, зменшується похибка обробки отворів.

Зазначимо також, особливо важливо обчислювати похибку свердління на початку обробки, оскільки зі збільшенням глибини свердління розбіжка отвору зменшується за рахунок сил тертя між власне самим свердлом і матеріалом заготовки.

У подальших дослідженнях планується оцінити похибку обробки отворів при горизонтальному розташуванні осі шпинделя верстата.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 139-147.

Л. Я. Роп'як, М. В. Маковійчук, О. В. Рогаль, Івано-Франківськ, Україна

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КУТА ПІДЙОМУ ГВИНТОВОЇ ЛІНІЇ КОНІЧНИХ РІЗЬБ

Конічні різьбові з'єднання широко використовують в машинобудуванні, нафтовій, газовій та будівельній промисловості, оскільки забезпечують герметичність, швидке згвинчування, а також здатність передавати великі крутні моменти та осьові навантаження.

Під час буріння геологорозвідувальних, нафтових і газових свердловин, руйнування гірської породи здійснюється буровим долотом, яке з'єднане з наземним обладнанням колоною бурильних труб. У процесі роботи деталі бурильної колони піддаються дії статичних та динамічних навантажень і контактують із буровим розчином. Такі екстремальні експлуатаційні умови роботи призводять до корозійно-втомного руйнування як труб, так і їх конічних різьбових з'єднань, причому злами по різьбі є причиною виникнення більш як половини всіх аварійних ситуацій при бурінні.

Проведення аварійно-ремонтних робіт вимагає значних матеріальних затрат і не завжди забезпечує досягнення позитивного результату. Тому для підвищення корозійно-втомної міцності та зносостійкості бурильних труб і деталей замків (ніпелів і муфт) з конічними різьбовими з'єднаннями застосовують конструктивні, технологічні та експлуатаційні методи.

Для підвищення якості циліндричних і конічних різьб застосовують заходи, спрямовані на удосконалення конструкцій інструментів, методів нарізання різьб, а також зміцнення різьб. Найбільш поширеними методами зміцнення різьб є об'ємна та поверхнева термічна обробка і поверхневе пластичне деформування: ударна чеканка, обдування дробом, алмазне вигладжування, обкочування роликком, що вільно обертається, фрикційне

зміцнення із примусовим обертанням ролика, а також ультразвукове зміцнення западин різьб.

Унаслідок різної швидкості ковзання в зоні контактування ролика із западиною конічної різьби та її бічними поверхнями профілю відбувається нерівномірне зміцнення западини цієї різьби. Особливо це актуально для різьб, нарізаних на алюмінієвих бурильних трубах.

В технічній та патентній літературі практично відсутні систематичні дослідження впливу величини кута нахилу конуса різьби, її діаметра та довжини на зміну кута підйому конічної гвинтової лінії, що стримує розроблення конструкцій різального і деформуючого інструменту, прогресивних технологічних процесів як нарізання, так і поверхневого зміцнення конічних різьб та конструювання технологічного обладнання для їх реалізації.

Мета роботи – встановлення залежності кута підйому гвинтової лінії западини конічних різьб від їх геометричних параметрів для розроблення оптимальної технології механічної обробки різанням і поверхневого зміцнення пластичним деформуванням.

Встановлено, що кут підйому гвинтової лінії за довжиною різьби зменшується більш інтенсивно для конічних різьб малих діаметрів, а для різьб більших діаметрів – міняється несуттєво. Збільшення кута нахилу конуса різьби призводить до зростання кута підйому гвинтової лінії конічної різьби.

В подальших дослідженнях планується розробити конструкції інструментів для механічної обробки конічних різьб, а також їх поверхневого пластичного деформування, які забезпечать підвищення точності виготовлення різьб та їх експлуатаційних властивостей.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 252-262.

С. В. Руденко, Ма Фен, С. М. Гловацька, К. В. Колеснікова, Одеса, Україна

ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЕКТУ УПРАВЛІННЯ ІМІДЖЕМ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ В РЕАЛІЯХ КИТАЮ

При практичному впровадженні системи управління іміджем навчального закладу (на прикладі діяльності коледжу Цінь, Китай) були виявлені основні такі протиріччя:

- результат роботи по формуванню іміджу визначається у зовнішньому середовищі, а не є локалізованим у межах навчального закладу;
- система, яку утворюють навчальний заклад і зовнішнє середовище є слабоструктурованою - в ній існує багато зв'язків, нормативів,

конструкційних особливостей, громадських правил, звичаїв і традицій, врахувати які в повному обсязі досить складно;

- практично неможливо отримати зворотній зв'язок, для того щоб оцінити ефективність заходів, які націлені на формування іміджу навчального закладу;

- істотна невизначеність виникає через складність виділення цільового контингенту - на кого слід направляти комунікаційні та інформаційні заходи;

- необхідність подолання опору викладачів коледжу політиці керівництва коледжу з проведення іміджевих заходів, так як викладачі вважають, що ця діяльність йде в розріз з політикою Партії та Уряду - «не слід виділятися в загальній структурі коледжів, оскільки це створить перекіс в наборі абітурієнтів в інших навчальних закладах, які не зможуть виконати план прийому.»

Метою дослідження є дослідити практичні аспекти впровадження іміджевих проектів для навчальних закладів і розробити рекомендації щодо адаптації моделей, що використовуються в проекті, до умов взаємодії внутрішнього та зовнішнього оточення проекту.

З урахуванням отриманих даних виконаний проект щодо коледжу Цінь можна вважати успішним. Однак це не означає, що більше нічого не треба робити. Як показують отримані результати моделювання за допомогою марківської моделі, соціальна система безперервно розвивається, що веде до безперервного зміни показників іміджу. Крім того, слід врахувати, що фактично даний проект виконувався в умовах, коли інші учасники нічого не робили, щоб поліпшити свій імідж і тим самим надати опору отриманню позитивних результатів проекту. Відсутність опору просуванню проекту підтверджують дані за результатами проекту. Після 10-ти кроків параметри розподілу населення за рівнями відношення до діяльності коледжу практично не змінюються.

Управління іміджем навчального закладу необхідно розглядати в якості безперервного процесу діяльності в умовах сучасних ринкових конкурентних відносин в сфері освітніх послуг. Запропонована модель процесу формування та управління іміджем, заснована на проектному підході, дозволяє ефективно використовувати матеріальні ресурси, а також гнучко реагувати на зміни як всередині навчального закладу, так і в зовнішньому середовищі. Розглянутий метод адаптації марківського ланцюга може застосовуватися для уточнення моделі в ході виконання іміджевих проектів. Це дозволить надавати проектному менеджеру обґрунтовану інформацію щодо очікуваної ефективності проектів і шляхів вдосконалення їхньої стратегії.

Імідж навчальних закладів формується в процесі виконання конкретної діяльності, яка, як може іноді здаватися, і не пов'язана безпосередньо з іміджем. Хоча важко уявити собі, що в навчальних закладах є види

діяльності, які не пов'язані з іміджем. Будь діяльність пов'язана з формуванням відносин з боку оточення до деякого коледжу або університету. При цьому носіями і виконавцями цієї діяльності є, насамперед, керівники навчальних закладів, викладачі та студенти.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 141-149.*

А. П. Рыбалко, Москва, Россия,
Н. В. Лищенко, В. П. Ларшин, Одесса, Украина

СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Технология машиностроения сформировалась как наука о производстве машин требуемого качества, в заданном производственной программой количестве, в заданные сроки при минимальной трудоемкости и себестоимости изготовления машин. Это определение по сути своей является постановкой задачи оптимизации исходя из условия минимума таких целевых функций как трудоёмкость и себестоимость. Задача оптимизации является многоуровневой и сопровождает все этапы жизненного цикла изделия, в том числе технологическую подготовку производства и собственно производство. Однако на этапе производства имеют место непредсказуемые факторы, которые невозможно учесть на предыдущем этапе производства. Важное место для эффективного решения этой задачи отводится диагностическим и адаптивным системам, позволяющим реализовать корректировку ранее принятых решений с учётом фактически возникающей при обработке ситуации. Идея адаптивного управления станками, начиная с известных работ научной школы профессора Балакшина Б.С., стала частью стратегии и тактики развития станкостроения за истёкший с тех пор период. Однако опыт эксплуатации таких систем показал неоднозначные результаты, что отмечается многими исследователями. Основной причиной недостаточной эффективности таких систем является их динамическая сложность, приводящая к ухудшению качества автоматического регулирования. Современный этап развития станкостроения отличается всесторонним применением на станках числового программного управления (ЧПУ), позволяющего по новому строить эффективные управляющие системы, за счёт применения гибких алгоритмов управления, с коррекцией динамических моделей управляющих систем, включая самонастройку параметров пропорционально-интегрально-дифференциальных регуляторов на основе цифровой обработки данных. Однако в технической литературе отсутствует анализ современных подходов

к решению задач оптимизации машиностроительного производства на различных этапах жизненного цикла изделия, включая этап обработки заготовок на станках. Не описаны новые идеи управления динамически сложными объектами, не приводятся результаты экспериментального исследования диагностических и адаптивных систем на станках с ЧПУ.

Целью работы является анализ технологических резервов оптимизации элементов технологической системы (ТС), включая их взаимодействие на этапе обработки в условиях непредсказуемого изменения параметров ТС, и анализ результатов экспериментального исследования адаптивной системы при плоском фрезеровании на станке с ЧПУ.

Результаты выполненной работы сводятся к следующему:

1. Для успешного функционирования ТС необходимо одновременное выполнение двух технических процессов: основного технологического и вспомогательного согласующего процесса управления.

2. Технологические резервы совершенствования лезвийной и абразивной обработки за счёт улучшения эксплуатационных свойств элементов ТС практически исчерпаны (это показал анализ) и дальнейшее повышение эффективности механической обработки возможно за счёт оптимизации взаимодействия элементов ТС с учётом их взаимного влияния, в том числе при учёте СОТС в формировании оптимального взаимодействия элементов ТС.

3. Оптимизация взаимодействия элементов ТС является в методологическом смысле способом эффективного управления для обеспечения эффективного технологического процесса.

4. Результаты экспериментального исследования адаптивной системы на координатно-расточном станке с ЧПУ показывают работоспособность этой системы, обусловленную правильным выбором алгоритма коррекции параметров динамической модели объекта.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 150-161.

И.А. Рябенков, Харьков, Украина

И.В. Гершиков, Бердянск Украина

УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ С ДИСКРЕТНОЙ РАДИАЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ

При изготовлении высокоточных деталей на финишных операциях широко применяются методы обработки свободным абразивом, которые обеспечивают высокие показатели точности и шероховатости поверхности. Однако, при этом имеет место шаржирование абразивных зерен в

обробкову поверхню, що знижує ефективність обробки. Тому цілком природно застосовувати на фінішних операціях процеси шліфування і лезвийної обробки з забезпеченням таких же показників точності і шерохватості, як і при обробці вільним абразивом. В зв'язі з цим актуальні питання проведення подальших досліджень по визначенню технологічних можливостей процесу шліфування.

Метою роботи є теоретичне обґрунтування умов підвищення ефективності процесу шліфування з дискретною радіальною подачею на основі аналізу закономірностей зміни пружних переміщень, що виникають в технологічній системі. Робота направлена на подальше розроблення математичної моделі визначення параметрів силової і теплової напруженості процесу шліфування з урахуванням процесів різання і тертя зв'язки круга з обробковим матеріалом.

Отримані аналітичні залежності для визначення параметрів шліфування по жорсткій і пружній схемам, що дозволяють обґрунтовано підходити до вибору раціональних умов обробки. Показано, що при шліфуванні по жорсткій схемі сила і температура різання збільшуються з часом обробки (в зв'язі з тертям зв'язки круга з обробковим матеріалом), а при шліфуванні по пружній схемі – залишаються постійними з часом обробки. Це свідчить про ефективність застосування даної схеми шліфування.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 148-154.*

С. В. Рябченко, Київ, Україна

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТАРЕЛЬЧАТЫМИ КРУГАМИ ИЗ КНБ

Одним из главных направлений совершенствования процессов современной механической обработки является повышение эффективности изготовления деталей машин. Эффективность механической обработки определяется повышением производительности обработки, обеспечением качества и точности обработанных деталей, способностью инструмента сохранять свою износостойкость в период обработки детали. Обеспечение качества и производительности обработки высокоточных (3–4 степень) зубчатых колес связано с разработкой новых технологий и инструментов для шліфування. Главной проблемой шліфування зубчатых колес является повышение производительности обработки при сохранении качественных параметров и точности их зубьев.

Перспективним путем дальнішого розвитку методів шліфування високоточних зубчатих колес в значительній мірі пов'язано з використанням інструмента з кубічного нітрида бора (КНБ). Шліфування кругами з КНБ по порівнянню з обробкою звичайними абразивами має свої особливості: шліфувальні круги з КНБ мають суттєво більш високу зносостійкість; їх використання забезпечує підвищення якості поверхнового шару оброблених деталей; створюється можливість шліфування без правки кругів або при мінімальному його використанні.

Дослідження процесу шліфування здійснювали на спеціальному стенді, створеному на базі зубшліфувального станка моделі 5891. Станок був модернізований для шліфування зубчатих колес з охолодженням і правкою кругів електроерозійним методом. Зубшліфувальний станок налаштували на нульовий метод шліфування зубчатих колес. Швидкість шліфувального круга – $v_k = 27$ м/с, глибина шліфування – $t = 0,01-0,1$ мм, час обертання на одному зубі – $\tau = 3-10$ с.

В результаті досліджень встановлено, що при чорновому шліфуванні після першого проходу на режущій кромці круга формується площадка зносу розміром $h = 30-50$ мкм, який відповідає величині прирабочого зносу. Аналогічний результат отримано при фінішному шліфуванні зубчатих колес: на режущій кромці круга формується площадка зносу, однак, значно меншого розміру до $h = 30$ мкм.

Аналіз результатів зміни потужності шліфування показав, що в процесі всієї обробки потужність різання практично залишається на одному рівні. Не змінюється і фактичний з'єм матеріалу, який знаходиться в межах 0,61–0,5. Це свідчить про те, що в процесі шліфування зубчатих колес тарельчатий круг з КНБ працює в режимі самозатачування. Змінюються тільки геометричні параметри шліфувального круга за рахунок його зносу. Для зменшення періоду приработки шліфувального круга з КНБ на режущій кромці необхідно попередньо, за рахунок здійснення відповідної правки, сформувати фаску розміром $h = 0,03-0,05$ мм.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 162-172.*

Н. В. Рязанова-Хитровська, І. Н. Пыжов, Н. В. Крюкова, Харків, Україна

НЕКОТОРЫЕ ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

Одним из методов отделочной обработки, обеспечивающих существенное улучшение эксплуатационных свойств деталей машин,

является алмазное выглаживание. Вопрос о целесообразности применения отделочной обработки выглаживанием необходимо решать в каждом конкретном случае с учетом как технических требований к обрабатываемой поверхности и необходимой производительности, так и надежности обработанных деталей.

Целью настоящей работы является установление возможных путей повышения эффективности процесса алмазного выглаживания.

Установлено, что уже на стадии изготовления алмазных выглаживателей можно повысить эффективность процесса выглаживания в целом. Применение металлического покрытия на алмазе позволяет, во-первых, увеличить удержание алмаза в державке инструмента, а во-вторых, избежать растрескивания алмаза при изготовлении. В целом это способствует повышению общего срока службы алмазного выглаживания и улучшению качества обработки.

В дальнейшем представляет значительный интерес вопрос углубления представлений о физических явлениях, протекающих в контактной зоне. Это можно сделать на основе использования компьютерного программного пакета CosmosWorks, являющегося приложением к SOLIDWORKS. Это позволит при существенном снижении затрат на проведение исследований изучить НДС в нагруженной системе «алмаз – металлическое покрытие», что в свою очередь даст возможность уточнить рациональные условия реализации процесса алмазного выглаживания и в конечном итоге позволит в целом повысить его эффективность путем управления контактными напряжениями.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 173-182.*

Е. К. Севидова, Харьков, Украина

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ИМПУЛЬСНОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ КОРРОЗИОННО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УПРОЧНЯЮЩИХ НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЙ

Многочисленные исследования в области разработки наноструктурных покрытий, в т.ч. нанокристаллических, показали, что их уникальные физико-механические свойства и функционально-эксплуатационные характеристики существенно зависят от способа и режимных параметров формирования защитных слоёв.

Применительно к методу плазменной иммерсионной ионной имплантации и осаждения (PII&D) из фильтрованной вакуумно-дуговой плазмы в предшествующих исследованиях было установлено, что к таким

параметрам относятся: давление реакционного газа, скорость напыления, плотность плазменного потока, вид и величина отрицательного смещения на подложке, в частности амплитуда импульсного потенциала. Оптимальное сочетание этих факторов должно обеспечивать функциональную долговечность покрытий, зависящую не только от высоких значений микротвёрдости и модуля упругости, но также от уровня остаточных напряжений в них, толщины, адгезионной и когезионной прочности, дефектности и т.п.

В случае использования наноструктурных покрытий на изделиях и инструментах, эксплуатируемых в агрессивных средах, необходимо учитывать их коррозионно-защитные свойства, которые будут определяться коррозионной стойкостью материала самого покрытия и его сплошностью, зависящей, в свою очередь, от толщины и внутренних напряжений. Изменение режимных параметров зачастую по-разному влияет на физико-механические и коррозионно-химические свойства.

Целью настоящей работы являлась оценка влияния величины амплитуды импульсного потенциала отрицательного смещения на коррозионно-электрохимические свойства износостойких наноструктурных покрытий нитрида титана.

Проведены исследования коррозионно-электрохимических свойств нанокристаллических покрытий TiN с размером кристаллитов 15...25нм, осажденных PIP&D методом на подложку из нержавеющей стали 12X18N10T. Установлено, что увеличение амплитуды импульсного напряжения отрицательного смещения на подложке от 0,5 до 2,5 кВ приводит к активизации анодных процессов системы подложка-покрытие в растворе 3 % NaCl. Показано, что коррозионно-электрохимическая активность падает с ростом толщины покрытия в диапазоне 1,6...9 мкм.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 183-188.*

Ю. А. Сизый, Д. В. Сталинский, П. В. Романченко, С. Е. Слипченко
Харьков, Украина

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ ДЛЯ РУЧНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ МАШИН

Круги прямого профиля (ПП) для ручных шлифовальных машин (РШМ) изготавливаются с наружным диаметром 150, 125, 100, 80 и 63 мм. Круги диаметром 150 и 125 мм имеют отверстие для установки на шпиндель РШМ диаметром 32 мм, а круги диаметром 100, 80 и 63 мм с отверстием 20 мм.

Круги виготовляються пресуванням абразивної суміші в прес-формі з наступною термообробкою.

Аналіз пресової оснастки, використовуваної на основних підприємствах-виробниках абразивного інструмента в країнах СНГ, показує, що конструкція і ступінь точності прес-форми для виготовлення абразивно-обдирочних кіл ПП діаметром 63...150 мм скрізь практично однакова.

Для досягнення соосності зовнішньої і внутрішньої поверхонь пресуваного шліфувального кола РШМ, розроблені пропозиції по вдосконаленню конструкції прес-форми і технології її виготовлення з рішенням часткової задачі розрахунку припуску і числа переходів на остаточну операцію рашірки.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 163-168.

И. И. Становская, И. Н. Щедров, Е. И. Березовская, В. В. Добровольская
Одесса, Украина

УПРАВЛЕНИЕ ЛАТЕНТНЫМИ РИСКАМИ В ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

В любой области человеческой деятельности, где могут возникать какие-либо проблемы (а это, – практически, все известные области), важнейшим методом борьбы с последними является *профилактика*. Не составляет исключение и такой «опасный» вид деятельности, как управление проектами, в котором преодоление последствий рискованных событий зачастую превращается в балансирование между объемом работ, ресурсами (такими как деньги, труд, материалы, энергия, пространство и др.), временем и качеством. Не случайно ключевым фактором успеха проектного управления является минимизация рисков и отклонений от четкого заранее определенного плана, эффективное управление в условиях внутренних по отношению к проекту и внешних нежелательных изменений, важнейшей составляющей которого и является профилактика.

К сожалению, несмотря на очевидную значимость, в принятой на сегодняшний день общей схеме управления рисками проекта отсутствует подраздел профилактики и не ставятся задачи «работы» с рисками на их скрытой, «латентной» стадии.

Риск проекта – это неопределенное событие или условие, которое будет иметь положительное или отрицательное воздействие как минимум на одну цель проекта, *если оно произойдет*. Причиной возникновения рисков являются неопределенности, существующие в каждом проекте. Риски разделяют на «известные» – те, которые заранее определены, оценены, для

которых возможно планирование, и риски «неизвестные», – те, которые не идентифицированы и не могут быть спрогнозированы.

Риски также можно разделить на *внезапные* (известные и неизвестные), – их нельзя было предвидеть ни по каким скрытым «предвестникам беды», и *внезапно-предсказуемые*, – их можно было предвидеть при надлежащей организации профилактических работ.

Примером первых могут служить землетрясения в несейсмической зоне, вторых – оползневые явления в зоне прибрежного строительства: они накапливаются годами, и признаки этого накопления (если организовать за ними специальный мониторинг) могут быть количественно оценены и использованы при профилактике.

Цель управления рисками проекта – повышение вероятности возникновения и воздействия благоприятных событий и снижение вероятности возникновения и воздействия неблагоприятных для проекта событий.

Как известно, управление рисками обычно включает процедуру идентификации рисков – определение рисков, способных повлиять на проект, и документирование их характеристик. В период идентификации рисков на основе известных факторов внешней среды предприятия, активов организационного процесса, описания содержания проекта, а также планов управления проектом и рисками проекта создается реестр рисков, который корректируется при последующем количественном и качественном анализе последних.

Количественный анализ рисков – количественный анализ потенциального влияния идентифицированных рисков на общие цели проекта.

Качественный анализ рисков – расположение рисков по степени их приоритета для дальнейшего анализа или обработки путем оценки и суммирования вероятности их возникновения и воздействия на проект.

Планирование реагирования на риски – разработка возможных вариантов и действий, способствующих повышению благоприятных возможностей и снижению угроз для достижения целей проекта.

Мониторинг и управление рисками – отслеживание идентифицированных рисков, мониторинг остаточных рисков, идентификация новых рисков, исполнение планов реагирования на риски и оценка их эффективности на протяжении жизненного цикла проекта.

Целью настоящей работы является разработка системы профилактических мероприятий по повышению информативности латентного периода известных и неизвестных рисков для повышения эффективности управления рисками в проектной деятельности.

Для достижения этой цели в работе были решены следующие задачи: выполнен анализ последних достижений и публикаций в области

профілактики і управління латентними ризиками; введено поняття «ризикова ситуація» – стан і будь-яке змінення в структурі або параметрах проекту, пов'язане з зміненням ймовірності настання ризикового події; для чисельної оцінки ризикової ситуації визначено поняття «значення ризикових параметрів» – параметрів «підозрительних» на збільшення ймовірності виникнення того або іншого ризикового події; розроблена схема системи профілактичних заходів при управлінні змішаними (відомими і невідомими) ризиками, включаючи рекомендації по розкриттю латентності і прогнозу розвитку ризикових ситуацій в проекті.

Метод профілактики і управління латентними ризиками, запропонований в нинішній роботі, лежить в основі створення підсистеми «LARIS» (*latent risks*) загальної системи підтримки прийняття проектних рішень (СППР) «RILAM» (*latent multiplicative risks*), призначеної для управління проектом, який піддається небезпеці високоймовірних латентних ризиків. Комп'ютерна симуляція роботи СППР «RILAM» і її практичні випробування в одеському Холдингу «Союз» пройшли з позитивним техніко-економічним ефектом.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 314-323.*

А. Л. Становський, А. В. Торопенко, П. С. Швець, В. В. Бондаренко
Одеса, Україна

АВТОМАТИЗОВАННЕ ПРОЕКТИВАННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ АПАРАТІВ З ДОПОМОГОЮ ФРАКТАЛЬНИХ СВЕРТОК КОМП'ЮТЕРНИХ ТОМОГРАМ

Во багатьох галузях машинобудування, хімічній, нафтогазовій, фармацевтичній, харчовій і інших областях промисловості реалізуються процеси, засновані на теплообміні на межах між складовими технологію гетерогенними матеріалами, компоненти яких можуть знаходитися в будь-яких агрегатних станах: твердому, рідкому, газоподібному і плазменному. Автоматизованне проектування таких процесів, а також обладнання для їх реалізації, неможливо без адекватних моделей явищ, що відбуваються при теплообміні, і нових розрахункових методів в САПР.

Процеси, в яких обмін речовиною і/або енергією здійснюється через межі між елементами гетерогенних середовищ, дуже різноманітні. Це, перш за все, теплообмін, масообмін, адсорбція, абсорбція і багато інших. Науковий і практичний інтерес до них величезний і не зменшується

столетия, т. к. именно транзит субстанции через границу определяет интенсивность обмена, а значит, все его технико-экономические показатели, включая конструкцию оборудования, создаваемого для проведения этих процессов. Данные процессы относятся к термодинамическим, самопроизвольным и описываются, на первый взгляд, простыми законами.

Так, в качестве основного закона *теплоотдачи* принят закон Ньютона, в соответствии с которым количество тепла dQ , отданное элементом поверхности dF с температурой t_n в окружающую среду с температурой t_{cp} за время dt , прямо пропорционально разности температур $(t_n - t_{cp})$ и величинам dF и dt [1, 2]:

$$dQ = \alpha(t_{ct} - t_{ж})dFdt, \quad (1)$$

а при установившемся состоянии процесса теплоотдачи, когда температура среды и поверхности остаются неизменными:

$$Q = \alpha(t_{ct} - t_{ж})F\tau \text{ Дж}, \quad (2)$$

где α – коэффициент теплоотдачи.

Как сказано выше, величина коэффициента теплоотдачи α , в свою очередь, зависит от большого числа факторов:

- рода жидкости (газ, пар, капельная жидкость);
- характера течения жидкости (вынужденное или свободное);
- формы поверхности и ее линейных размеров;
- состояния поверхности (растворение, осаждение);
- состояния и свойств жидкости (температура, давление, плотность или удельный вес, теплоемкость, теплопроводность, вязкость и т.п.);
- параметров движения (скорость, турбулентность);
- температуры поверхности.

Основным кинетическим уравнением *массообменных* процессов является уравнение массопередачи, которое основано на общих кинетических закономерностях химико-технологических процессов [3].

Скорость процесса [в кг/(м²с)] равна движущей силе Δ , деленной на сопротивление R :

$$dM/dF = \Delta dR \quad (3)$$

где dM – количество вещества, перешедшего из одной фазы в другую в единицу времени; dF поверхность контакта фаз.

При установившемся состоянии процесса массоотдачи, когда температура среды и поверхности остаются неизменными, обозначив $1/R = K$, получим

$$M = K\Delta F \quad (4)$$

В последнем выражении, называемом основным уравнением массоотдачи, величина K характеризует скорость процесса переноса вещества из одной фазы в другую. По аналогии с процессом теплоотдачи коэффициент K называют коэффициентом массоотдачи.

Зависимость коэффициентов теплоотдачи и массоотдачи от большого

числа факторов не позволяет дать общую формулу для его определения и в каждом частном случае необходимо прибегать к опытным исследованиям.

Из (2) и (4) непосредственно вытекает, что такие исследования должны опираться на знание площади теплообмена F в любом варианте эксперимента, что позволит функционально связать эту площадь с параметрами технологии и конструкций и получить зависимости для обратного расчета площадей взаимодействия (а, значит, и конструкции обменных аппаратов) в САПР. В то же время, как указывалось выше, площадь теплообмена F в неподвижных, а тем более, подвижных обменниках, также весьма стохастична даже для аппаратов со строго установленными габаритами.

Поэтому непосредственная оценка текущего значения такой площади позволяет разомкнуть круг «для определения K надо знать F , а для определения F надо знать K ».

Очевидно, что эксперименты для такой оценки должны быть неразрушающими, позволяющими получить максимальную информацию о пространственном расположении границ теплообмена для последующего оценивания их площади, дисперсии и других геометрических характеристик. На сегодняшний день существует способ послойного сканирования внутренних зон различных гетерогенных объектов, – это компьютерная томография, однако, она применяется, в основном, в медицине для просвечивания биологических тканей. Кроме того, результатом томографии является серия изображений, содержащаяся в которых интегральную информацию весьма трудно оценить численно.

Основные физические законы, описывающие теплообмен через поверхность, весьма просты и содержат в качестве аргумента первую степень площади этой поверхности. Казалось бы, при прочих равных условиях (интенсивность и время обмена) площадь, как целевая функция оптимизации процессов и аппаратов, должна при проектировании последних монотонно возрастать, – увеличить площадь всегда означает повысить обмен! К сожалению, в реальных условиях всегда находятся обстоятельства, не позволяющие наращивать площадь обмена беспречно, – это и габариты аппарата, и предельное увеличение количества его обменных элементов (трубок, насадок, тарелок), и предельное измельчение гранулированных и порошкообразных теплообменников, и многое другое. Это определяет наличие максимума целевой функции – количества перешедшего через границу энергии и(или) вещества, а значит и поиск таких характеристик процессов и аппаратов, которые доставляют этот максимум.

Парадокс заключается в том, что, назначая в процессе проектирования параметры и размеры, мы не можем даже приблизительно гарантировать их реализацию в реальном объекте. Например, реальная площадь поверхности теплообмена, – величина, лишь весьма приблизительно совпадающая с тем

значением этой площади, которое можно получить расчетом, анализируя чертеж теплообменного аппарата. Это связано, во-первых, со сложным, стохастическим рельефом поверхности (шероховатостью на микроуровне и отклонениями от стандартных размеров – на макроуровне), тепловыми деформациями и пр. Кроме того, критическое сближение поверхностей теплообмена, неизбежное при увеличении количества элементов, может исказить всю физическую модель процесса, удаляя ее от описания «простых» физических законов. Еще сложнее и стохастичнее дело обстоит тогда, когда элементы теплообменника не только не имеют «стандартных» размеров (произвольные куски материала), но еще и перемещаются в пространстве и времени.

В этих условиях приходится рассчитывать на прямое измерение суммарных поверхностей элементов гетерогенных сред на опытных и лабораторных образцах. Создание методов такого измерения, причем неразрушающего, а также выявление параметров (чем их меньше, тем лучше), которые непосредственно измеряются в этом случае, и является основной проблемой при решении данной задачи.

Исходя из изложенного, целью работы было принято повышение эффективности оптимизации параметров технологии и конструкции теплообменных аппаратов в САПР путем разработки методов неразрушающего контроля геометрических характеристик такого обмена. Эти характеристики должны включать компьютерную томографию внутренней рабочей зоны аппарата, в котором протекают обменные процессы, и последующую свертку ее результатов *к одному числу или вектору малой размерности*.

Исследования процессов теплообмена на границах между элементами гетерогенных сред показали, что такой распространенный параметр как площадь обмена не всегда может быть использован в качестве оптимизирующего аргумента в процессе проектирования теплообменного оборудования. Вместо этого параметра предложены числовые характеристики, представляющие собой свертки изображений сечений активной зоны теплообмена.

Предложен метод получения сечений гетерогенных сред с помощью рентгеновского компьютерного томографа, получены реальные томограммы сечений синтетического гранита, при формировании которого происходит интенсивный поверхностный массообмен.

Литература: 1. prEN ISO 13790. Thermal performance of buildings – Calculation of energy use for space heating / Sweden, 2002. – P. 10-31. 2. Valancius, K. Transient heat conduction process in the multilayer wall under the influence of solar radiation / K. Valancius, A. Skrinska. – Improving human potential program. – Almeria, Spain: PSA, 2002. – P. 179-185. 3. Кавецкий, Г. Д. Процессы и аппараты пищевой технологии / Г. Д. Кавецкий,

В. П. Касьяненко. – М. : КолосС, 2008. – 591 с.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 140-155.*

М. С. Степанов, М. С. Иванова, Харьков, Украина

РОЛЬ ФАКТОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ КОМБИНИРОВАННЫМ ОСЕВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Технологическая наследственность при использовании комбинированного осевого инструмента (КОИ) проявляется путем перенесения погрешности (механических, физико-химических свойств и т. п.), возникающих при обработке предыдущей ступенью инструмента, на процесс обработки последующей ступенью. Технологическая наследственность зависит не только от характеристик инструмента и метода обработки, но и режимов резания. Она может проявляться: в потере точности расположения осей отверстий; в изменении шероховатости, которая испытывает влияние исходной шероховатости, полученной в результате обработки предыдущей ступенью; в изменении физико-механических параметров поверхностного слоя, которые могут проявляться даже в процессе эксплуатации детали.

Особенно учет технологической наследственности становится актуальным в условиях автоматизированного проектирования технологических процессов.

Получена математическая зависимость, которая устанавливает связь между параметрами шероховатости поверхности отверстия, последовательно обработанного ступенями КОИ, и дает возможность оценить влияние режимов резания и диаметров ступеней инструмента на формирование фактора технологической наследственности.

Исследования показали, что на качество поверхности отверстия большое влияние оказывает шероховатость, полученная в результате работы первой ступени инструмента, и чем больше разница между диаметрами ступеней инструмента, тем сильнее это влияние.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць ОНПУ
Сучасні системи технологій в машинобудуванні, присвяченому
90-річчю професора Якимова О. В., ISBN 978-966-383-600-3, 2015: 133-136.*

Р. М. Стрельчук, Харків, Україна

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛО ВЫДЕЛЕНИЯ В КОНТАКТНОЙ ЗОНЕ ЗАГОТОВКИ И ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА С УЧЕТОМ ЕГО ИЗНАШИВАНИЯ

Качество поверхностных слоев деталей, подвергаемых шлифованию, в значительной степени определяется температурным фактором абразивной обработки.

Рассматриваемому вопросу посвящено большое количество исследований, анализ которых выявил следующие недостатки:

– известные математические модели тепловыделения при абразивной обработке не позволяют учитывать изменения числа и интенсивности температурных импульсов от вершин зерен шлифовального круга в процессе его эксплуатации;

– не учитывается влияние изменения формы рабочей поверхности абразивного инструмента вследствие изнашивания на распределение температур в поверхностном слое заготовки;

– остается невыясненным влияние на тепловыделение динамики съема металла при многократном взаимодействии абразивного инструмента с рассматриваемым участком обрабатываемой поверхности заготовки;

– применение в моделях прогнозирования тепловыделения силы резания, расчет точного значения которой в течение всего периода стойкости инструмента представляет известные трудности, приводит к значительному снижению эффективности таких моделей.

В этой связи представленные результаты исследований являются актуальными и представляют интерес как с научной, так и с практической точки зрения.

Проведенные исследования позволяют: прогнозировать тепловыделение при шлифовании с учетом всех основных факторов этого процесса в течение всего периода стойкости абразивного инструмента; достоверно определять момент восстановления режущей способности шлифовального круга с целью обеспечения требуемого качества обрабатываемых деталей для подавляющего большинства конструкционных материалов; проводить многокритериальную оптимизацию технологических операций шлифования с учетом изменения тепловыделения в контактной зоне заготовки и абразивного инструмента вследствие его изнашивания.

Р. М. Стрельчук, Харьков, Украина

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА К ИЗМЕНЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ЕГО СТАНДАРТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В настоящее время шлифовальный круг сопровождается маркировкой, регламентированной ДСТУ ГОСТ 21963:2003, содержащей только конструктивные параметры инструмента. Сведения об эксплуатационных свойствах круга в его стандартной маркировке отсутствуют. Это обстоятельство существенно сужает область применимости круга той или иной характеристики, делая его пригодным к использованию только в технологических условиях, описанных в нормативах режимов резания.

Задача рациональной эксплуатации шлифовальных кругов в изменяющихся технологических условиях может быть решена на основе учета эксплуатационных возможностей инструмента при изменении условий выполнения операции. В качестве характеристического описания работоспособности инструмента в изменяющихся технологических условиях был предложен технологический эксплуатационный паспорт шлифовального круга, расширяющий его стандартную характеристику и представляющий собой набор величин эксплуатационных показателей инструмента, зависящих от времени и режима работы круга. Исследования работоспособности шлифовальных кругов в разных технологических условиях показали, что параметры стандартной характеристики круга оказывают значительное влияние на величины эксплуатационных показателей инструмента.

Исследование эксплуатационных свойств проводилось на ряде шлифовальных кругов разных характеристик – 24A25HСМ27К, 92A25HСМ27К, 24A40HСМ27К и 24A16HСМ27К. Зависимости построены по результатам испытаний кругов в условиях круглого наружного шлифования на подачах 0,2, 0,25, 0,3, 0,35, 0,4 и 0,5 мм/мин образцов из стали 45 (42... 45 HRC₃).

В настоящей работе изучалось влияние изменения марки материала зерна с 24 А на 92 А, зернистости шлифовального круга с 25Н на 40Н и степени твердости круга с СМ2 на С1 на эксплуатационные показатели инструментов.

Установлено следующее:

- изменение марки материала зерна с 24А на 92А приводит к увеличению периода стойкости круга в 1,7 раза, а также интенсивности съема металла в 1,031,05 раза, с одновременным уменьшением интенсивности износа инструмента в 2,2 раза;
- при изменении зернистости круга с 25Н на 40Н шероховатость поверхности увеличивается в среднем в 1,27 раза;
- увеличение твердости на одну степень – с СМ2 до С1 увеличивает силу

шлифования Ру в среднем в 1,2 раза.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 263-268.

Р. М. Стрельчук, Харків, Україна

Ш. К. Джха, Нью-Дели, Індія

ОСОБЕННОСТИ ИЗНОСА АЛМАЗНЫХ КРУГОВ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ТВЕРДОГО СПЛАВА «ВОЛКАР»

Алмазно-искровое шлифование наноструктурного твердого сплава «ВолКар», обладающего отличительными по сравнению с обычными твердыми сплавами свойствами привносит ряд особенностей в механизм износа рабочей поверхности алмазных кругов и состояние их режущей поверхности. Введение дополнительной энергии в зону резания способствует самозаточиванию алмазных кругов и обеспечению развитости рельефа. Засаливание алмазного круга, а также сглаживание рельефа не обнаруживается. Обычное же алмазное шлифование в течение короткого периода работы приводит к заполнению межзеренных пространств на поверхности круга и потере развитости рельефа.

Представлены оптические и электронно-микроскопические исследования режущей поверхности алмазных кругов при шлифовании твердого сплава «ВолКар». Показано, что различные участки рельефа и режущие кромки алмазных зерен в одном и том же процессе шлифования подвергаются различным видам воздействия и износа, не имеющим системного характера.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 269-273.

В. В. Ступницький, Львів, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ, ЩО ФОРМУЮТЬСЯ В РЕЗУЛЬТАТІ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПЕРЕХОДУ ЛЕЗОВОГО ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛІ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ

Залишкові деформації (механічний наклеп) та неоднорідність властивостей, обумовлена, в першу чергу, нерівномірним розподілом накопиченої в результаті різання деформації. Деформаційна анізотропія, та

пов'язані з цим залишкові макронапруження можуть суттєво знизити міцність виробу тих випадках, коли він в подальшому не підлягає термічному обробленню. Розрахунок залишкових напружень виконують за теоремою про розвантаження, згідно якої залишкові напруження після пластичної деформації дорівнюють різниці напружень при пластичній деформації і так званих розвантажувальних напружень, від яких матеріал позбавляється при розвантаженні. Якщо при розвантаженні відбуваються чисто пружні деформації, то можна визначити розвантажувальні напруження методами теорії пружності. Варіаційний принцип відносно залишкових напружень, що виникають внаслідок різання не знайшов практичного використання у технології машинобудування.

Наклеп матеріалу поверхневого шару оброблених поверхонь деталей характеризується його мікротвердістю і рентгенографічними показниками (розширенням або розмиттям інтерференційних ліній), що свідчать про дроблення кристалічних блоків, зростання спотворень кристалічної ґратки і розвиток дислокацій. Процес наклепу металу поверхневого шару розвивається під дією сил в зоні різання. При механічному обробленні в зоні різання одночасно діють значні зусилля різання, що створює наклеп, і температура, що викликає розм'якшення металу. В процесі оброблення точінням наклеп поверхневого шару підвищується при збільшенні подачі і глибини різання у зв'язку із зростанням радіусу округлення різального леза і при переході від позитивних передніх кутів різця до негативних.

Одним з ефективних інструментів для оперативного дослідження локальних характеристик напружено-деформованого стану (НДС) в пластичній області є метод кінцевих елементів, який реалізований у таких відомих програмних продуктах світового рівня, як DEFORM, ABAQUS, LS DYNA, Advantage. Ці програмні продукти дозволяють з достатньою точністю зробити розрахунок сил різання, усадки стружки, конфігурації і площі контактної поверхні з інструментом і меж пластичної зони, провести розподіл силових та деформаційних показників, швидкостей деформацій і температур як в зоні стружкоутворення, так і в інструменті.

У статті проаналізовані результати імітаційного моделювання реологічної картини різання ізоморфного пластичного матеріалу, отриманої моделюванням процесу в DEFORM 2D.

Реологічне моделювання технологічного переходу токарного оброблення жароміцного сплаву ХН60Ю (аналог IN 718), показало зниження характеристик наклепу на 55% у порівнянні з обробленням сталі 45 на режимах різання – подача $S=0,25$ мм; глибина різання $t=1$ мм; швидкість різання $V=120$ мм/хв. Зниженню наклепу в цьому випадку можуть сприяти підвищення міцнісних і пониження пластичних властивостей сплавів і значне зменшення коефіцієнта тертя по задній поверхні різця.

З картини реологічного моделювання залишкових деформацій при фрезеруванні фрезою SogoMill 300 з пластинкою R300-1032E-PL S30T з $\gamma=8^\circ$, $\alpha=15^\circ$ (матеріал заготовки – сталь 4X5MФ1С; $S=0,1$ мм; $t=0,25$ мм; $V=120$ м/хв)) виходить, що в результаті термодинамічної релаксації із зростанням віддалі від вершини різального клину вздовж обробленої поверхні ці деформації експотенційно зменшуються до якогось усталеного значення в зоні термодформаційної стабілізації. Саме ця величина і є залишковою деформацією.

Крива залишкових деформацій відображає інтерференційну картину прояву флуктаційних температурних, силових та фрикційних процесів, що виникають в процесі формоутворення деталі. Середньостатистичне значення залишкових деформацій в зоні термічної стабілізації (при температурі близько 100°C) складатиме приблизно $\varepsilon \approx 2,5$ (мм/мм).

Аналіз залежностей з визначення глибини залягання залишкових напружень в зоні термічної стабілізації обробленої поверхні доводить експотенційний характер зменшення залишкових деформацій: якщо на поверхні деталі ця величина становила $\varepsilon \approx 2,5$ (мм/мм), то на глибині 0,25 мм – вже $\varepsilon \approx 0,7$, а на глибині 1,0 мм деформація практично анігується і становить лише $\varepsilon \approx 0,06$ (мм/мм). Якісний та кількісний характер розподілу деформацій доводить адекватність та ефективність запропонованих методик для формування аналітичної бази при побудові функціонально-орієнтованого технологічного процесу.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 274-281.*

В. М. Тигарев, В. М. Тонконогий, Е. И. Сапожков, Одесса, Україна

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В САПР INVENTOR

Поиск источников энергии для удовлетворения, растущего мирового спроса, является основным вызовом для общества следующей половины столетия. Задача состоит в преобразовании солнечного света в электричество с помощью фотоэлектрических солнечных элементов, при этом значительно снизив соотношение затрат \$/ватт, получаемой солнечной электроэнергии.

Рассмотрены возможные варианты увеличения КПД солнечных панелей. Подробно были рассмотрены системы фотоэлектрических модулей и способы их слежения за солнцем. Было определено, что наиболее эффективным являются активные системы наводки, обеспечивающие наибольший КПД. На основании изучения конструкций солнечных систем,

була створена система моделювання і проектування основних конструкцій механізмів сліження за сонцем (трекерів) трьох типів в САПР Inventor. Розвиток роботи направлено на удосконалення системи для можливості проведення аналізу механічних навантажень і створення системи оптимального управління рухом трекерами.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 324-339.*

В. М. Тонконогий, М. О. Голофєєва, В. О. Балан, Одеса, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСИЮВАННЯ ЕНЕРГІЇ КОЛИВАНЬ В БАЗОВИХ ДЕТАЛЯХ ВЕРСТАТІВ З СИНТЕГРАНУ

Останнім часом все більше застосування в техніці знаходять різного роду багатофазні композиційні матеріали, що володіють специфічними фізико-механічними властивостями.

Одним з таких матеріалів є синтегран, який за основними фізико-механічними характеристиками аналогічний натуральному граніту. Принциповою відмінністю синтеграну від граніту є його технологічність. З нього можуть бути виготовлені такі конструкції деталей, які з натурального граніту отримати неможливо.

Цей матеріал призначений в основному для заміни чавунного лиття та блоків натурального граніту для виготовлення базових деталей верстатів, машин і приладів. Основною його перевагою перед традиційними матеріалами є підвищена демпфуюча спроможність, що характеризується нелінійною залежністю від параметрів коливань.

На характеристики розсіювання енергії в конструкціях з синтеграну, а, відповідно, і на точність та стабільність роботи верстатів значною мірою впливають закладні деталі.

Досліджувалася залежність дисипативних характеристик базових деталей верстатів із синтеграну від конструкції закладних та способу їхньої заділки.

Результати дослідження показали, що на характеристики розсіювання енергії коливань в базових деталях верстатів, виконаних із синтеграну, конструкція та спосіб заділки закладних деталей впливають значно. Тому, з метою забезпечення необхідної вібростійкості базових деталей верстатів із синтеграну, при проектуванні необхідно приділяти серйозну увагу характеристикам закладних деталей.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 282-287.*

В. М. Тонконогий, Е. Ю. Лебедева, М. А. Духанина, Абу Шена Осама
Одеса, Україна

ИСПЫТАНИЕ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ АМОРТИЗАТОРОВ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ НА ДЕФОРМАЦИЮ

В условиях современного производства большое внимание уделяется оптимизации изделий и производственных процессов. Существенное развитие получили технологии виртуального моделирования, дающие возможность с минимальными затратами и в короткие сроки выполнять оптимизацию, используя натуральный эксперимент в качестве проверочного.

Особый интерес вызывает моделирование деталей, у которых свойства материала по объему изменяются, то есть деталь по своему составу не является однородной.

Примером такой детали является резино-металлический амортизатор типа АКСС, предназначенный для защиты от вибрации и ударных нагрузок не только станочного оборудования, но и оборудования на судах, двигателей в коробках сельхозмашин, танков, БТР, вентиляционных установок, установок кондиционирования и др. Его общий вид представлен на рис. 1.

Сущность испытания заключается в осевом сжатии амортизаторов типа АКСС усилием, равным максимальной рабочей нагрузке и измерении их деформации под этой нагрузкой.

Разработаны стенды и оснастка для таких испытаний. Скорость нагружения – не более 15 мм/мин. Погрешность измерения нагрузки – не более 1%. Образцы испытывают не ранее, чем через 24 ч после их изготовления или через 3 ч после предыдущего испытания, но не позднее, чем через 3 месяца после их изготовления.

Целью испытаний является установление соответствия определяемой деформации с заданной нормой, указанной в ГОСТ 17053.1-80. При выпуске амортизаторов по ГОСТ ВД 17053.1-80 испытаниям на деформацию подвергают каждый амортизатор.

Приведены результаты испытаний по определению деформации при статическом сжатии амортизаторов АКСС-25МХ под воздействием максимальной рабочей нагрузки (25 кгс) с отбраковкой по их результатам трех изделий из 52-х в контролируемой партии.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 197-203.*

В. М. Тонконогий, И. В. Прокопович, М. А. Духанина, А. В. Шмарав
Одесса, Украина

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ

Количество материалов, единиц оборудования и технологий литейного производства превышает десятки тысяч. Как и всякая сложная система, каждая из них может быть представлена в виде отдельных подсистем, а значит, обладает структурой: набором элементов и связей между ними. Поэтому свойства каждого объекта в значительной степени зависят от этой структуры и, следовательно, качество результата литейного производства – отливки также зависит от этой структуры. Более того, сама отливка также обладает структурой, и, следовательно, проблема структурочувствительности сопровождает жизненный цикл литейного производства, начиная от исходных материалов и кончая готовыми изделиями.

Структурочувствительность объектов литейного производства – понятие качественное. Поэтому, для того чтобы иметь возможность оценивать эту чувствительность или сравнивать два однородных объекта по ее величине необходимо решить задачу выбора параметров структурной чувствительности, а также единиц и методов их измерения. Большое значение при решении этой задачи имеет стохастичность многих характеристик литейного производства. Разрабатываемые параметры должны учитывать эту стохастичность.

Важнейшим аспектом проблемы, без которого решение задачи оценивания структурной чувствительности объектов литейного производства не имеет смысла, является связь между технологией литейного производства на этапах ее проектирования и управления, с этой структурой. Ведь, в конечном итоге, только по цепочке «технология → структура → качество» можно эффективно управлять последним.

Целью работы является повышение эффективности литейного производства путем создания метода управления качеством отливок, основанного на общей модели технико-организационного управления литейной технологией и единого метода оценки их чувствительности к изменениям структуры.

В работе показано, что большинство объектов литейного производства обладает структурной чувствительностью: зависимостью качества конечного продукта –отливки от структуры этих объектов. Предложены методы количественной оценки взаимосвязей «технология –структура –свойства» и параметров, по которым эта оценка производится.

В. М. Гонконогий, И. С. Синько, И. Т. Корнешук, Одесса, Украина

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ СО СПЕЦИАЛЬНЫМИ АКУСТИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

При проектировании зданий с акустическими свойствами архитекторам приходится учитывать множество дополнительных параметров, не свойственных обычным зданиям. В процессе проектирования таких помещений необходимо учитывать такие моменты, как возникновение эффекта эха, которое может значительно повлиять на качество звука в помещении. Также нужно учитывать уровень звукового давления в точках приема звука (например, расположенных зрителей в зале). Эти факторы являются очень важными для определения качества звука в помещении, что влияет на особенности проведения проектных работ зданий с акустическими свойствами. Автоматизация проектирования зданий со специальными акустическими свойствами, несомненно, повысит производительность этого процесса.

Качество звука в помещениях зависит не только от его геометрических параметров, но и от свойств материалов, используемых при строительстве и отделке. В процессе разработки программного продукта проектирования помещений с акустическими свойствами возникла необходимость в создании базы данных акустических материалов. Для повышения уровня эффективности работы базы данных и достижения максимальной ее информативности при проектировании помещений свойства акустических материалов должны быть описаны достаточно детально, а сама база данных обязана отвечать на вопрос, какие из материалов наиболее применимы и в какой части помещения.

Исходя из этого, необходимо разработать подробную классификацию материалов, подходящих для проектирования помещений с акустическими свойствами. Для разработки классификации был выбран иерархический метод, при котором заданное множество последовательно делится на подчиненные подмножества, постепенно конкретизируя объект классификации. При этом основанием деления служит некоторый выбранный признак. Совокупность получившихся группировок при этом образует иерархическую древовидную структуру в виде ветвящегося графа, узлами которого являются группировки. Основными преимуществами иерархического метода является большая информационная емкость, традиционность и привычность применения, возможность создания для объектов классификации мнемонических кодов, несущих смысловую нагрузку.

Цель работы заключается в разработке классификации акустических материалов, позволяющей создать базу данных этих материалов для

проектирования помещений с акустическими параметрами.

Подробная классификация акустических материалов по их функциональному значению, которая позволяет создать базу данных этого вида материалов, выполнена впервые. База данных акустических материалов планируется к использованию при проектировании закрытых и открытых помещений с акустическими свойствами.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 204-209.

В. М. Тонконогий, А. А. Якимов, Одесса, Украина

РАСЧЕТ АМПЛИТУДЫ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ ШЛИФОВАНИИ

Колебания, которые обусловлены прерываемостью процесса шлифования, изменяют условия динамического взаимодействия инструмента и детали. Изменение условий взаимодействия абразивного прерывистого круга и заготовки может оказывать как позитивное, так и негативное влияние на формирование качества поверхностного слоя обрабатываемой детали.

Установлено, что амплитуда колебаний, возникающих при шлифовании прерывистыми кругами, зависит от величины отношения времени работы режущего выступа круга к периоду собственных колебаний упругой системы. Уменьшая величину этого отношения, можно существенно уменьшить амплитуду колебаний.

Экспериментально установлена закономерность уменьшения температуры и тангенциальной составляющей силы резания при возрастании числа прорезей на прерывистом шлифовальном круге.

Выдвинуто и обосновано предположение о целесообразности замены прерывистых кругов высокопористыми абразивными кругами.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 63-70.

В. М. Тонконогий, А. А. Якимов, Л. В. Бовнегра, Одесса, Украина

ДИНАМИКА ПРЕРЫВИСТОГО ШЛИФОВАНИЯ

Колебания, возникающие в процессе прерывистого шлифования, влияют на точность и качество обрабатываемой поверхности. В процессе шлифования кругами с прерывистой рабочей поверхностью могут

возникнуть вынужденные и параметрические колебания.

Выявлены условия возникновения в упругой системе шлифовального станка ударного и параметрического резонансов при обработке абразивными кругами с прерывистой рабочей поверхностью. Предложены пути предотвращения появления в упругой системе станка колебаний, способных привести к ухудшению качества поверхностного слоя обработанной детали при прерывистом шлифовании.

Избежать вынужденных и параметрических колебаний, способных ухудшить качество поверхностного слоя обработанной детали при шлифовании прерывистым кругом можно за счет правильного подбора его геометрических параметров, а именно: количества режущих выступов на абразивном инструменте и величины отношения ширины впадины к длине выступа.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 288-295.

Р. С. Турманидзе, Е. Г. Цикаришвили, Г. З. Попхадзе, Тбилиси, Грузия

СРЕДСТВА ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЕЕ АККУМУЛЯЦИИ

В последние годы, в период существенного роста темпов глобального потепления и значительного ухудшения экологического состояния, получение энергии традиционными методами создает серьезную опасность для всего человечества. С этой точки зрения в особенно тяжёлую ситуацию попадают развитые страны, где с каждым годом, интенсивно растет объем производства и, соответственно, количество потребляемой энергии.

В этом плане особенно надо отметить те факторы риска, которыми характеризуются атомные электростанции и то недовольство населения, которое достигло своего пика в период катастрофы с АЭС Фукусими, случившейся в Японии в 2011 г.

Всемирно известно, что эти процессы стали основой решений, которое вынуждает руководства всех стран осуществить оперативные мероприятия в направлении замены доли атомной энергии в общем энергетическом балансе страны каким-нибудь менее опасным видом энергии.

К таким в первую очередь относятся ветровая и солнечная энергетика. Поэтому интенсивно совершенствуются конструкции ветровых станций и технология получения солнечных панелей.

По обоим направлениям интенсивные работы ведутся в Грузинском техническом университете.

Для підвищення ефективності вітрових станцій були створені декілька варіантів конструкцій повітряних вітрів з можливістю зміни основних геометричних параметрів в динаміці (ВІГ). Такими параметрами є діаметр ротора, т.е. довжина лопастей, кут установки кожної лопасті і закон їх крутки.

Попередні аеродинамічні і економічні розрахунки доводять, що в результаті використання таких конструкцій можна збільшити річний обсяг виробництва кожної вітроелектростанції мінімум на 100%.

Незважаючи на велику кількість робіт відомих фірм, і вчених різних країн, проблема ВІГ ще не вирішена. Існують патенти, не реалізовані в реальному житті, головним чином через складність і недостатню надійність технічних рішень.

Слід врахувати, що всі ці фірми займалися зміною, будь-якого одного параметра, наприклад, фірма «Сікорський» займалася зміною тільки діаметра вітра, а корпорація «Боїнг» - зміною тільки крутки лопастей.

Грузинський технічний університет запропонував поєднання зміни діаметра і крутки одночасно в динаміці.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 210-218.

А. В. Усов, С. Г. Смирний, Одеса, Україна

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ МАТЕРИАЛОВ И СПЛАВОВ, СКЛОННЫХ К ЭТОМУ ВИДУ ДЕФЕКТОВ

Качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей формируется под действием термомеханических явлений, сопровождающих финишные операции. Отличительной особенностью операции шлифования является выделение большого количества теплоты, основная часть которой воспринимается обрабатываемой деталью и вызывает на отдельных её участках структурные изменения – прижоги. Эти дефекты способствуют уменьшению исходной твёрдости поверхности, образованию растягивающих остаточных напряжений, снижают контактную выносливость, усталостную прочность деталей.

Установление связей между важнейшими эксплуатационными свойствами деталей (длительная прочность, контактная жесткость, магнитные свойства и др.) и технологическими параметрами – режимами обработки, характеристиками инструмента, микротвёрдостью, наличием

прижогов, микротрещин, сколов, глубиной распространения упрочненного слоя представляет собой одну из важнейших задач технологии машиностроения.

Для большой группы металлов и сплавов не подверженных структурным превращениям в процессе обработки их шлифованием характерным видом брака являются дефекты типа трещин, существенно снижающие эксплуатационные свойства изделий.

Поэтому задача определения технологических условий бездефектного шлифования и управления качеством поверхностного слоя изделий из материалов, склонных к трещино- и сколообразованию, является весьма актуальной. Это предопределяет необходимость изучения механизма формирования шлифовочных дефектов.

Феноменологический подход в изучении причин трещинообразования материалов склонных к этому виду дефектов не позволяет вскрыть механизм зарождения и развития шлифовочных трещин.

Интенсивность появления трещин во многом определяется наличием различного рода неоднородностей, возникающих в поверхностном слое по ходу технологии изготовления детали. Особенно опасными с точки зрения зарождения трещин, являются такие наследственные дефекты, как флокены, остроконечные полости, инородные включения.

При постановке задачи о повышении качества шлифования деталей возникает проблема оценки влияния неоднородностей, выбора режимов и характеристик инструмента, смазочно охлаждающей среды использование которых исключает прижого- и трещинообразование на обрабатываемых поверхностях. В связи с этим необходимо разработать предпосылки для оптимизации термомеханического состояния поверхностного слоя с учетом его дефектности, исключаяющие возникновение шлифовочных дефектов типа трещин и прижогов.

Целью настоящей работы является разработка методов и нормативных рекомендаций по технологическим методам снижения шлифовочных трещин при обработке деталей из материалов и сплавов, поверхностный слой которых имеет наследственные неоднородности структурного или технологического происхождения.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

– разработать математическую модель, описывающую термомеханические процессы в поверхностном слое при шлифовании деталей из материалов и сплавов с учетом их неоднородностей, влияющих на формирование шлифовочных трещин и определить критерии дефектообразования;

– створити методичку вибору технологічних умов шліфування матеріалів, маючих успадковані неоднорідності, забезпечуючих потрібні показники якості;

– розробити рекомендації по вибору технологічних умов бездефектної обробки шліфуванням виробів з матеріалів, особливо передіспонованих до тріщиноутворення.

В результаті виконаних досліджень вивчено механізм формування дефектів в поверхневому шарі деталей з матеріалів і сплавів, передіспонованих до тріщиноутворення при обробці їх шліфуванням з урахуванням передіспонованих операцій і виникаючих при цьому успадкованих неоднорідностей. Встановлено, що шліфовочні тріщини мають теплову природу, тому в якості критеріїв бездефектної обробки необхідно вибирати теплові критерії. При цьому вперше отримані розрахункові залежності між критерієм тріщиностійкості і основними управляючими технологічними параметрами. По відомим характеристикам успадкованих дефектів визначені граничні значення теплового потоку, забезпечуючі потрібне якість шліфуваних поверхонь.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 267-282.*

В. А. Федорович, І. Н. Пыжов, Харків, Україна

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛМАЗНЫХ КРУГОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Ефективність експлуатації алмазних кругів во багатьох визначається такими факторами як якість виготовлення алмазозабагатошару і його оптимальна характеристика. Процес виготовлення алмазних кругів на різних зв'язках характеризується достатньо високою трудомісткістю. Необхідно досягти підвищення надійності і якості при виготовленні алмазно-абразивного інструмента, без чого неможливо його ефективне застосування в виробництві. Це в першу чергу стосується до процесу спекання алмазозабагатошару. В теперішній час відсутні науково обґрунтовані рекомендації по вибору раціональних комбінацій міцності, марки зерна, зернистості, концентрації з фізико-механічними властивостями зв'язок кругів. Слідкування існуючим в літературі рекомендаціям по застосуванню в шліфовальних кругах на різних зв'язках цих або інших комбінацій марок зв'язок і алмазних зерен, їх концентрації несуть загальний характер, що призводить до пошкодження зерен в

процессе спекания и в дальнейшем низкой производительности процесса абразивной обработки.

Одним из путей решения проблемы повышения эффективности изготовления алмазно-абразивного инструмента является использование методологии 3D моделирования этого процесса. Методология основана на расчетах методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния (НДС) зоны спекания алмазно-абразивных инструментов и зоны шлифования. При этом без длительных, трудоемких и дорогостоящих экспериментальных исследований расчетным путем можно определить рациональный состав алмазоносного слоя круга (физико-механические свойства связка круга, зернистость, концентрация алмазных зерен и др.), а при необходимости и рациональную конструкцию круга, например, для сверхскоростного шлифования и др.

Решение поставленных задач базируется на использовании пакетов программ COSMOS, ANSYS, NOSTRAN, «Third Wave AdvantEdge», «LS-DYNA», предназначенных для исследовательских расчетов методом конечных элементов.

В развитие выполненных ранее нами исследований в данной работе было исследовано влияние количественного состава металлофазы в алмазном зерне и температуры на НДС алмазоносного слоя при спекании алмазных кругов.

Проведенные теоретические исследования показали, что температура спекания алмазоносного слоя, оказывает наибольшее влияние на НДС системы «алмазное зерно – металлофаза - связка», независимо от вида связки. Увеличение напряжений в зёрнах наблюдается в местах сосредоточения металлофазы в зерне. Наличие большого количества металлических включений в кристаллах приводит к снижению их прочности и особенно термостойкости. Определено, что нагрев синтетических алмазов, начиная с температуры 750°C, приводит к снижению их прочности.

Причиной растрескивания алмазного зерна является различное значение коэффициентов термического расширения металлофазы (остатков металла-катализатора) и самого зерна. Как правило, коэффициент термического расширения металла-катализатора гораздо больше, чем у алмаза. Поэтому при нагревании происходит, так называемый разрыв алмазного зерна изнутри.

Установлено, что наименьшие напряжения наблюдаются при использовании металлической связки (модуль упругости $2.04E+11$ Н/м²), с одной металлофазой на основе никеля (коэффициент термического расширения $1.32E-05$ 1/К).

Полученные результаты свидетельствуют о целесообразности применения алмазных зерен с минимально возможным содержанием металлофазы, преобладающим элементом в составе которой должен быть

металл с низким коэффициентом теплового расширения. Это позволит значительно увеличить коэффициент использования алмазных зерен и повысить экономичность процесса алмазного шлифования.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 156-167.*

В. А. Федорович, И. Н. Пыжов, Харьков, Украина

РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗНЫХ КРУГОВ НА ЭТАПАХ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Проблема повышения эффективности изготовления и использования прецизионного алмазно-абразивного и лезвийного инструмента из алмазных композиционных материалов (АКМ) остается в настоящее время актуальной, что способствует улучшению экспертных возможностей инновационной продукции.

Одним из путей решения отмеченной проблемы является использование методологии 3D моделирования конечных элементов. Методология основана на расчетах методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния (НДС) зоны спекания алмазно-абразивных инструментов и зоны шлифования (в том числе заточки и доводки прецизионных алмазных лезвийных инструментов). При этом без длительных, трудоемких и дорогостоящих экспериментальных исследований расчетным путем можно определить рациональный состав алмазоносного слоя круга и физико-механические свойства входящих в него компонентов (связка круга, зернистость, концентрация алмазных зерен и др.), а также рациональную конструкцию круга, например, для сверхскоростного шлифования и др.

Методология включает следующие этапы: 1 – трехмерное компьютерное моделирование НДС в процессе спекания алмазоносного слоя для определения условий, при которых сохраняется целостность алмазных зерен; 2 – трехмерное компьютерное моделирование НДС зоны шлифования с целью определения рациональных условий обработки; 3 – трехмерное компьютерное моделирование НДС в процессе правки абразивных кругов алмазным инструментом; 4 – трехмерное исследование параметров топографии рабочей поверхности кругов и обработанной поверхности методом лазерного сканирования; 5 – трехмерное моделирование процесса заточки лезвийного инструмента из АКМ с целью определения условий его безотказной работы; 6 – трехмерное компьютерное моделирование НДС зоны прецизионной алмазной лезвийной обработки с целью определения рациональных режимов резания и геометрии инструмента из АКМ; 7 – разработка экспертной системы определения рациональных характеристик

АКМ и режимов обработки этих материалов. Таким образом, реализуется идеология полной компьютерной автоматизации моделирования всех процессов, включая изготовление, обработку и эксплуатацию прецизионного алмазного инструмента.

Общая методология позволяет оценить «вклад» в НДС системы силового и температурного фактора, а так же концентрации, марки, взаимного ориентирования, износа алмазных зерен на основных этапах жизненного цикла АКМ – «разработка, производство и эксплуатация».

Приведены примеры расчетных моделей и визуализации результатов испытаний.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць ОНПУ
Сучасні системи технологій в машинобудуванні, присвяченому
90-річчю професора Якимова О. В., ISBN 978-966-383-600-3, 2015: 145-153.*

А. Ю. Филатов, Киев, Украина

ПОЛИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ САПФИРА

В процессе алмазно-абразивной обработки прецизионных поверхностей элементов оптико-электронной техники, в том числе из монокристаллического сапфира, с поверхности удаляется обрабатываемый материал в виде частиц шлама (ЧШ). Размеры частиц шлама, их концентрация в зоне контакта инструмента и обрабатываемой детали, характер взаимодействия с частицами износа инструментального материала и контактирующими поверхностями определяют как производительность съема обрабатываемого материала при полировании, так и состояние обработанных поверхностей.

Повышение производительности полирования прецизионных поверхностей элементов оптико-электронной техники из монокристаллического сапфира при обязательном удовлетворении требований к качеству обработанных поверхностей можно обеспечить только при использовании новых составов суспензий из полировальных порошков (ПС) и коллоидных систем (КС) из наночастиц, оптимизация характеристик которых является актуальной задачей.

Целью исследования являлось изучение влияния свойств обрабатываемого монокристаллического сапфира и полировальной суспензии или коллоидной системы на производительность полирования и шероховатость обработанных поверхностей.

В результате исследования закономерностей полирования плоских поверхностей элементов из монокристаллического сапфира обоснована

возможность использования в качестве критерия эффективности съема обрабатываемого материала приведенной энергии переноса и показана целесообразность применения водных суспензий полировальных порошков и коллоидных систем из наночастиц.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 309-313.

Ю. Д. Филатов, В. И. Сидорко, А. Ю. Филатов, С. В. Ковалев,
А. Г. Ветров, Я. Л. Сильченко, М. А. Данильченко, Киев, Украина

ПОЛИРОВАНИЕ МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОПТОЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Элементы и подложки из монокристаллических материалов, в том числе из карбида кремния и сапфира, широко применяющиеся в оптикоэлектронной технике, в современном производстве изготавливают при помощи методов алмазно-абразивной обработки. Особую сложность представляет операция полирования, которую осуществляют в один или несколько переходов в зависимости от требований, предъявляемых к обрабатываемой поверхности. Полированные поверхности должны удовлетворять требованиям по точности формы (3–5 интерференционных колец) и по качеству обработки ($S-d$) от 60–40 до 20–10 (U.S Military Surface Quality Specification, MIL-PRF-13830B). Поверхности подложек, подготовленные под нанесение эпитаксиального слоя (epi-ready) должны удовлетворять требованиям, регламентирующим точность ориентации плоскости кристалла ($\pm 0,2-0,5^\circ$), плотность дислокаций ($(1-4) \cdot 10^3 \text{ см}^{-2}$), плотность микропапов (менее 30 см^{-2}), структурное совершенство (FWHM – полуширина линии качания – 30–50 угл. сек), а также «оптическим» требованиям по неплоскостности (менее 10 мкм на диаметре 3 дюйма) и шероховатости ($Ra = 0,3-1,0 \text{ нм}$). Шероховатость обработанной поверхности является наиболее важным показателем процесса полирования прецизионных поверхностей элементов оптоэлектроники из неметаллических материалов и характеризует качество обработанных поверхностей, устанавливает их зависимость от размеров частиц шлама и их концентрации в зоне контакта. Улучшение качества обработки оптико-электронных элементов из монокристаллических материалов может быть достигнуто только при использовании новых полировальных суспензий и коллоидных систем из наночастиц, оптимизация характеристик которых является актуальной.

Целью исследования является изучение влияния свойств обрабатываемого материала и полировальной суспензии или коллоидной системы на шероховатость обработанных поверхностей.

В результаті дослідження закономірностей полірування плоских поверхностей оптико-електронних елементів із монокристалічного карбіда кремнія і сапфіра показано, що в якості критеріїв ефективності полірування цілесообразно використовувати енергію переносу, максимальні значення якої відповідають мінімальній шорхovatості.

Приводяться розрахункові профілограми, по яким визначені значення висотних параметрів шорхovatості Ra , Rq і $Rmax$ і коефіцієнтів шорхovatості k_a , k_q , k_m , χ , по мінімальним значенням яких можна кількісно оцінити ефективність полірування при допомозі різних полірувальних складів.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 168-176.*

М. В. Черкашенко, К. А. Полушкин, Харків, Україна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МАРКИРОВАНИЯ

Выполнено формализованное описание работы пневматической системы управления станком для электрохимического маркирования изделий. Подробно рассмотрен структурный синтез – этап логического проектирования после составления формализованного описания. Предлагается пневматическая схема управления станком для электрохимического маркирования изделий, позволяющая перенастраивать станок при маркировании различных типоразмеров изделий.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 175-182.*

А. Н. Шелковой, М. С. Семченко, Харків, Україна

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОНОВОК МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Проблема эффективности проектирования металлорежущих станков становится актуальной на фоне растущих требований к производительности

производственных систем при одновременном уменьшении серийности производства. Современный уровень технических средств позволяет создавать производственные системы с высокой степенью автоматизации и достаточной гибкостью для возможности охвата широкой номенклатуры обрабатываемых деталей. Проектирование таких систем является весьма трудоёмкой задачей.

В работе исследуется проблема оценки эффективности применения имитационного моделирования при проектировании станочных систем.

Представленная математическая модель системы имитационного моделирования станочного оборудования дает возможность определить состояние каждой единицы технологического оборудования в любой момент времени, а также - оценку вероятности простоя, длительности простоя обслуживающих устройств, либо вероятность ожидания заявок в очереди на обслуживание и средний размер очереди.

Система имитационного моделирования представляет практическую пользу при проектировании станочных систем и способствует повышению эффективности труда проектировщика.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць ОНПУ
Сучасні системи технологій в машинобудуванні, присвяченому
90-річчю професора Якимова О. В., ISBN 978-966-383-600-3, 2015: 145-153.*

А. Н. Шелковой, Л. Б. Шрон, Г. И. Ищенко, А. Н. Рузметов, М. С. Семченко
Харьков, Украина

К ВОПРОСУ О ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ МАШИННО-РУЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ В СИСТЕМАХ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Машинно-ручные технологические операции (МРТО) в обработке металлов резанием не ушли в небытие с приходом автоматизации во все сферы деятельности машиностроительного производства, а, по-прежнему, составляют существенную долю производственного процесса.

При этом в МРТО доля вспомогательного времени может в несколько раз превышать долю основного времени (времени обработки).

Стохастическое изменение работоспособности рабочего с тенденцией к ухудшению его производительности, невозможность его функционального восстановления в перерывы являются теми преградами, который мешают точно рассчитать технологические параметры МРТО по аналогии с тем, как это делается для робототехнических комплексов и ГПС.

Поэтому создание системы проектирования МРТО на основе интеграции методов технологического и организационного проектирования сегодня по-прежнему является актуальной задачей.

В работе приведено описание системы проектирования МРТО обработки металлов резанием на основе использования методов имитационного моделирования. Выполнены: постановка задачи, ее математическое описание и методика проектирования, а так же приведены результаты расчета параметров МРТО для конкретного вида производства.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 177-191.*

В. Г. Шкурупий, Харьков, Украина

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ЗЕРЕН НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АБРАЗИВНОМ ПОЛИРОВАНИИ

В отличие от процессов шлифования, вопросам формообразования поверхностей и съема металла при абразивном полировании в научно-технической литературе уделено значительно меньше внимания. В известных работах вопросы снижения шероховатости поверхности при абразивном полировании рассматриваются, как правило, на основе анализа результатов экспериментальных исследований. Формализованная математическая теория формообразования поверхностей и съема металла при абразивном полировании в настоящее время отсутствует, что ограничивает возможности поиска оптимальных условий обработки, позволяющих существенно уменьшить шероховатость поверхности. В связи с этим представляется важным решение задачи аналитического описания шероховатости поверхности при абразивном полировании с позиции теории вероятностей с учетом реальной геометрической формы абразивных зерен, т.е. с учетом образующихся на них площадок износа.

Целью исследования является теоретическое обоснование условий существенного уменьшения шероховатости обрабатываемых поверхностей при абразивном полировании с учетом оценки влияния износа зерен на шероховатость поверхности.

Приведено теоретическое решение по определению параметров шероховатости поверхности при абразивном полировании с фиксированным радиальным усилием и с учетом износа абразивных зерен. Установлено значительное влияние на величину шероховатости поверхности образующихся в процессе обработки на абразивных зернах площадок износа, что является важным фактором уменьшения шероховатости поверхности.

Численные расчеты параметра шероховатости поверхности R_a подтвердили достоверность полученного теоретического решения.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2014, вип. 1 (24): 183-189.*

О. О. Якимов, Одеса, Україна

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ПЕРЕРИВЧАСТОГО ШЛІФУВАЛЬНОГО КРУГА НА ГЕОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ОБРОБЛЮВАНОЇ ПОВЕРХНІ

Абразивні круги з переривчастою робочою поверхнею є ефективним засобом зниження температури при шліфуванні. Однак широке використання переривчастих кругів в промисловості стримується малим вивченням динамічних явищ, притаманних цьому виду обробки, виникненню вібрацій абразивного інструменту і, як наслідок, неможливістю забезпечити якісні показники оброблених поверхонь.

Метою роботи є встановлення впливу числа ріжучих виступів на переривчастому шліфувальному крузі і величини відношення ширини западини до довжини виступу на шорсткість обробленої поверхні у зв'язку із зміною параметричної стійкості пружної системи шліфувального верстата.

Виявлені умови виникнення в пружній системі верстата коливальних, здатних погіршити якісні показники поверхонь деталей, які формуються в умовах переривчастого шліфування. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено вплив кількості прорізів на абразивному крузі і величини відношення ширини прорізу до розміру ріжучого виступу на параметричну стійкість пружної системи верстата і на геометричні показники якості оброблюваної поверхні.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»
Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 323-330.*

А. А. Якимов, Одесса, Украина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ ТЕПЛООВОГО НАСЫЩЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА С ПЕРЕРЫВИСТОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

При шлифовании деталей в их поверхностных слоях возникают дефекты: прижоги, трещины, растягивающие напряжения.

Прижоги – місцеві зміни структури матеріала, що утворюються в поверхневому шарі оброблюваної деталі під дією високих температур (порядка 450–1200°C). Структурні перетворення в поверхневому шарі супроводжуються зміною його твердості і появою в ньому залишкових розтягуючих напружень.

Форма шліфовочних прижогов залежить від методу шліфування і методу налагодки станка. При шліфуванні зубчатих колес на станку 5833 (Рейсхауер) прижоги мають форму світлих плям, на станках 5851, 5853 (МААГ) з 15° налаштуванням кілків виникають циклічні темні прижоги, а з нульовою налаштуванням кілків – штрихові темні прижоги.

При шліфуванні зубчатих колес конусним кілком на станках 5831 (НАІЛС) прижоги мають форму чергуються смуг вздовж зуба. Якщо температура в зоні різання не перевищує критичну температуру, що відповідає точці A_{C_1} на діаграмі «залізо – вуглець», то на

обробленій поверхні утворюється прижог відпуску, а якщо температура перевищує цю критичну температуру – утворюється прижог вторинної закалки. Відпущена структура має твердість $H_{100} = 6000\text{--}7500$ МПа при початковій твердості до шліфування $H_{100} = 8000\text{--}8500$ МПа, а вторинно – закалений шар має твердість $H_{100} = 9000\text{--}10000$ МПа. Під вторинно закаленим шаром залягає зона з зниженою твердістю. Подібні шаруваті розподіли твердості в поверхневих шарах деталей викликають появу великих розтягуючих напружень, під впливом яких можуть виникнути шліфовочні тріщини.

Одним із шляхів запобігання появи шліфовочних прижогов є застосування абразивних кілків з переривчастою робочою поверхнею. Для розрахунку геометричних параметрів переривчастих кілків необхідно знати час встановлення стаціонарного теплового режиму (час теплового насичення). З моменту встановлення стаціонарного теплового режиму температурні поля не змінюються, і кожна точка оброблюваної деталі проходить через відповідне розподілення ізотерм.

Представляє практичний інтерес встановлення зв'язки між часом теплового насичення і параметрами режиму шліфування.

В роботі встановлено взаємозв'язок між параметрами режиму шліфування, теплофізичними властивостями оброблюваного матеріала і часом теплового насичення. Сопоставлення часу насичення з періодом обертання шліфовального кілків дозволяє обґрунтувати технологічні можливості переривчастого шліфування і визначити умови його реалізації.

О. О. Якимов, Одеса, Україна

РОЗРАХУНОК ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ ПРИ ЗУБОШЛІФУВАННІ ДВОМА ТАРІЛЧАСТИМИ АБРАЗИВНИМИ КРУГАМИ ПО НУЛЬОВІЙ СХЕМІ

Явища, що супроводжують процес зубошліфування, представляють собою комплекс механічних і теплових впливів на поверхневий шар оброблюваного виробу. В результаті цих впливів змінюється фізико-механічний стан поверхневого шару, що може знизити довговічність роботи зубчастих коліс. Тепловий ефект при шліфуванні досить значний і особливість його полягає в короткочасному впливі. Однак, незважаючи на короткочасність нагріву, високі температури, що розвиваються при зубошліфуванні, призводять до виникнення структурних змін. Для свідомого управління якістю поверхневого шару зубів необхідно знати допустиму безпечну величину температури в зоні різання і мати розрахункові формули, що відображають зв'язок цієї температури із змінними параметрами процесу зубошліфування (режимами різання, характеристикою абразивного круга і т. п.). Для розрахунку температур необхідно знати інтенсивність теплового потоку.

У роботі наведена методика розрахунку інтенсивності теплового потоку при зубошліфуванні тарілчастими кругами з надтвердих матеріалів по методу огинання за нульовою схемою. Розрахунки показали, що з режимних параметрів найбільший вплив на інтенсивність теплового потоку надає повільна подача. З цього випливає, що при розробці систем автоматичного і адаптивного управління шліфуванням на верстатах, які працюють тарілчастими кругами, за параметр, який керує теплонапруженністю процесу, необхідно вибирати подовжню подачу.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПІ»

Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 227-233.

О. О. Якимов, Л. В. Бовнегра, І. Т. Корнєшук, Одеса, Україна

РОЗРАХУНОК ГЛИБИНИ ДЕФЕКТНОГО ШАРУ, ЩО УТВОРЮЄТЬСЯ ПРИ ЗУБОШЛІФУВАННІ ТАРІЛЧАСТИМИ КРУГАМИ

Технолог при розподілі припуску по проходах шліфування повинен знати, на яку глибину поширюватиметься припик і не повинен допускати, щоб глибина припіку перевищувала припуск під подальші проходи.

У даній статті вказані шляхи визначення глибин проникнення температур, при яких в оброблюваному матеріалі починають відбуватися фазові і структурні перетворення. Розрахунки цих глибин можна проводити при шліфуванні як суцільними, так і переривчастими кругами.

Отримана формула, по якій можна розраховувати глибини проникнення припиків, що утворюються при багатопрхідному зубошліфуванні суцільними і переривчастими абразивними кругами.

Запропонована формула може бути використана технологом для проектування переходів зубошліфування на верстатах, що працюють тарілчастими абразивними кругами за методом огинання.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 283-294.*

А. А. Якимов, Л. В. Бовнегра, В. П. Кулик, Одеса, Україна

ВЫБОР ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКРОРЕЛЬЕФА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРЕРЫВИСТОГО ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ, ПРИСУЩИХ ПРЕРЫВИСТОМУ ШЛИФОВАНИЮ

Абразивные прерывистые круги используются в промышленности для снижения температуры при шлифовании, что позволяет избежать нежелательные фазово-структурные изменения поверхностного слоя обрабатываемой детали. Основной недостаток кругов с прерывистой рабочей поверхностью – колебания, возникающие из-за прерываемости процесса резания, амплитуды которых могут достигать значений, не позволяющих обеспечивать качественные показатели обработанных поверхностей. Шлифование кругами с прерывистой рабочей поверхностью сопровождается чередованием замкнутых и незамкнутых состояний динамической системы, что приводит к периодическому изменению ее жесткости, а при определенном сочетании длин выступов и впадин – к параметрическому резонансу. Существующие методики расчета длин выступов и впадин прерывистых абразивных кругов разработаны в основном с позиции обеспечения требуемой степени понижения температуры в зоне резания и не учитывают динамические явления, присущие прерывистому шлифованию.

Вопросы возникновения параметрического резонанса в условиях шлифования абразивными прерывистыми кругами в современной технической литературе не получили достаточного освещения.

Цель работы – выявить геометрические параметры макрорельефа рабочей поверхности прерывистого круга, расчеты которых при проектировании абразивного инструмента позволят обеспечить не только

требуемую степень понижения температуры в зоне резания, но и безрезонансную работу упругой системы станка.

В работе выявлены пути снижения вероятности возникновения параметрического резонанса в упругой системе станка за счет увеличения количества прорезей на рабочей поверхности прерывистого шлифовального круга. Обоснована целесообразность замены прерывистых кругов с большим числом прорезей на круги, рабочая поверхность которых имеет насечку в виде небольших лунок, напоминающих искусственные поры шлифовального круга.

Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХП»

Різання та інструмент в технологічних системах, ISSN 2078-7405, 2015, вип. 85: 314-322.

А. А. Якимов, А. Ю. Браилов, Одесса, Украина

ИЗЫСКАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ НА ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ, РАБОТАЮЩИХ ДВУМЯ ТАРЕЛЬЧАТЫМИ КРУГАМИ

Для устранения коробления зубчатого венца, возникающего при химико-термической обработке, применяют зубошлифование. Среди существующих схем зубошлифования наибольшую точность обеспечивают станки, работающие двумя тарельчатыми кругами по методу обката. Существует два метода обработки тарельчатыми кругами: нуль-градусный и 15-градусный (или 20-градусный). Обработку этими методами осуществляют на станках типа MAAG (Швейцария), 5A851 (Россия), 5851 (Россия).

Из этих двух методов наиболее теплонапряженным является нуль-градусный метод. Это объясняется тем, что при обработке этим методом каждая точка боковой поверхности зуба подвергается многократным тепловым воздействиям.

Несмотря на то, что 15-градусный (или 20-градусный) метод менее теплонапряженный, его редко используют в связи с его низкой производительностью. В большинстве работ по проблеме повышения производительности ее решение предлагается с применением тарельчатых шлифовальных кругов из кубического нитрида бора.

В настоящей статье обоснована возможность повышения производительности зубошлифования на станках, работающих двумя тарельчатыми абразивными кругами по методу огибания по 15-20-градусной схеме, без снижения точности обработки путем увеличения числа качаний стола и разворота шлифовальных кругов на расчетный угол, при котором

уменьшается сила инерции качающихся частей станка и, как следствие, уменьшается величина деформации линии механизма обката.

В результате выполненных исследований выявлена возможность увеличения производительности обработки на зубошлифовальных станках, работающих тарельчатыми кругами. Из всего многообразия зубошлифовальных станков наименее производительными являются станки МААГ (Швейцария), 5А851 (Россия), 5851 (Россия) с 15-градусной производящей рейкой. В работе выявлена и теоретически обоснована возможность повышения производительности обработки на этих станках без снижения точности обработки за счет оптимизации угла установки шлифовальных кругов. Приведены формулы для расчета длины поперечного хода стола и угла разворота тарельчатых кругов при их размещении в одной впадине и в смежных впадинах обрабатываемого колеса.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Високі технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7677, 2015, вип. 1 (25): 219-226.*

Ю. В. Яровой, И. А. Яровая, Одесса, Украина

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИПУСКА ПО УСЛОВИЮ МИНИМУМА УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РЕЗАНИЯ

Внедрение новых технологий, современного оборудования, технологического обеспечения направлено на увеличение производительности обработки и улучшение качества изделия. В свою очередь, улучшение качества изделия связано с методами распределения припуска на разных этапах обработки.

Критерию «удельная работа резания» посвящены работы В. К. Старкова и С. С. Силина. Однако распределение припуска с учетом достижения минимальной удельной работы резания не изучено.

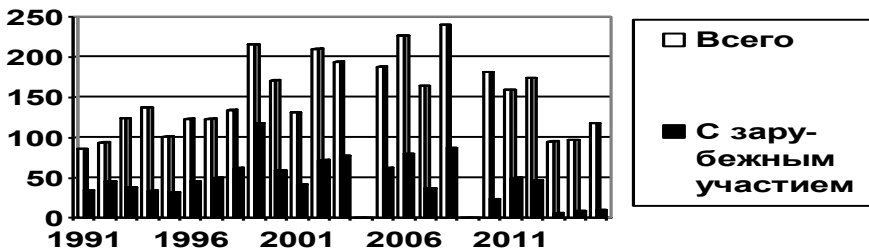
В работе предложен метод распределения припусков на операциях механической обработки по условию минимизации удельной работы резания.

Установлена количественная взаимосвязь энергетически экономичного распределения припусков с соотношением подачи и скорости резания на двух смежных переходах технологической операции.

*Повністю опубліковано у збірнику наукових праць НТУ «ХПИ»
Сучасні технології в машинобудуванні, ISSN 2078-7499, 2015, вип. 10: 80-85.*

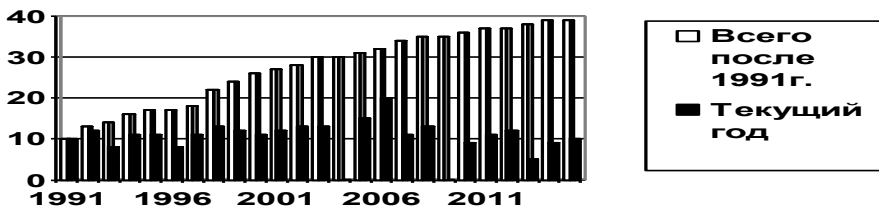
**СТРАНОВЕДЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА ИНТЕРПАРТНЕРСТВА
НА ЧЕТВЕРТЬВЕКОВОМ РУБЕЖЕ МЕЖДУНАРОДНОГО НАУЧНО-
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕМИНАРА «ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ» (1991-2015)**

Число докладов с зарубежным участием в программе семинара Интерпартнер



Год	Всего	Из них с зарубежным участием
1991	86	35
1992	94	46
1993	124	38
1994	137	34
1995	101	32
1996	123	46
1997	123	50
1998	134	62
1999	215	118
2000	171	59
2001	131	42
2002	210	72
2003	194	77
2004	-	-
2005	188	62
2006	226	80
2007	164	37
2008	240	87
2009	-	-
2010	181	24
2011	159	50
2012	175	48
2013	95	6
2014	97	9
2015	118	10
Всего	3486	1124

Странография участников анонсированных в программе докладов



- Австралия (1997, 2006)
- Австрия (1995, 1997-1998, 2000-2003, 2005-2006)
- Алжир (1999)
- Ангола (2003)
- Армения (2005-2006)
- Бангладеш (1998)
- Беларусь (1992, 1997, 2005-2006, 2008, 2011-2012, 2014)
- Болгария (1991-1992, 1994)
- Великобритания (1998, 2015)
- Венгрия (1991-2003, 2005-2008, 2010-2012, 2014)
- Вьетнам (1994, 1995, 2006, 2012)
- Германия (1991-2003, 2005-2008, 2010-2015)
- Греция (1998-1999, 2001-2003, 2005-2006, 2008, 2011-2014)
- Грузия (1991-1996, 1998-2003, 2005-2006, 2008, 2010-2012, 2014-2015)
- Индия (1991-1992, 1996, 2005, 2007, 2011-2012, 2015)
- Иран (2013)
- Италия (2006)
- Камбоджа (1999)
- Канада (2007)
- Китай (1994-1995, 1997-1999, 2002-2003, 2006)
- Куба (2010)
- Латвия (2000-2003, 2005-2008, 2011, 2015)
- Литва (2002, 2008)
- Мальта (2011)
- Молдова (2007)
- Нигерия (2014-2015)
- Польша (1991-2003, 2005-2006, 2008, 2010-2012, 2014)
- Россия (1991-2003, 2005-2008, 2010-2015)
- Румыния (1992-1997, 1999-2003, 2005-2008, 2010, 2012)
- Сербия (2000-2002, 2005, 2012)
- Сирия (1991)
- Словакия (1992, 2006, 2015)
- Словения (2008)
- США (1993)
- Турция (2001)
- Узбекистан (1991-1992, 1994-1995, 1997-2000, 2006-2008, 2015)
- Украина (1991-2003, 2005-2008, 2010-2015)
- Франция (1998, 2006)
- Чехия (2003, 2005-2006)

Число семинаров анонсированного докладчиками представительства

Число семинаров	Представительство
23	Германия, Россия, Украина
21	Венгрия
20	Грузия, Польша
17	Румыния
14	Греция
12	Узбекистан
10	Латвия
9	Австрия
8	Беларусь, Индия, Китай
5	Сербия
4	Вьетнам
3	Болгария, Словакия, Чехия
2	Австралия, Армения, Великобритания, Литва, Нигерия, Франция
1	Алжир, Ангола, Бангладеш, Иран, Италия, Камбоджа, Канада, Куба, Мальта, Молдова, Сирия, Словения, США, Турция

Подготовил Ю. Г. Гуцаленко

НАУКОВЕ МЕРЕЖЕВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Високі технології: тенденції розвитку

Матеріали
XXIII міжнародного науково-технічного семінару
7-12 вересня 2015 р.

За авторськими текстами на українській,
англійській, німецькій, російській мовах

Технічний редактор: Гуцаленко Ю.Г.
Веб-дизайн: Хотиненко С.І.

Відповідальний за випуск: Гуцаленко Ю.Г.

Підп. до сеті протокол № 249 від 06.10.2015. Тип: Microsoft Word 97-2003 Документ.
Обсяг даних 3,88 Мб. Гарнітура Таймс. Формат 60x84 1/16.
Умов. друк. арк. 10,64. Облік. вид. арк. 10,61.

Видавництво «Курсор»
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
серія № 21 від 24.03.2000 р., 61057, Харків, Театральний пров., 11/13
+38-057-7063173, kursorf@lin.com.ua

Видавничий центр НТУ «ХПІ»
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
<http://www.kpi.kharkov.ua>

Веб-майстерня відділу наукових видань при кафедрі інтегрованих технологій машинобудування
ім. М.Ф. Семка НТУ «ХПІ», 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
+38-057-7076185, hightech@kpi.kharkov.ua