

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

Кафедра _____ Ливарне виробництво _____
(назва кафедри, яка забезпечує викладання дисципліни)

**КОМПЛЕКС НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ДИСЦИПЛІНИ**

_____ Адитивні технології в ливарному виробництві _____
(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) рівень вищої освіти _____
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

галузь знань _____ 13 «Механічна інженерія» _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 131 «Прикладна механіка» _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ «Прикладна механіка» _____
(назви освітніх програм спеціальностей)

вид дисципліни _____ Профільована дисципліна 131-09 «Комп'ютеризоване ливарне
виробництво, художнє та ювелірне литво» _____
(загальна підготовка / професійна підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання _____ денна _____
(денна / заочна/дистанційна)

Харків – 2023-2024 рік

АНОТАЦІЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва показників	Характеристика
Повна назва дисципліни	Адитивні технології в ливарному виробництві
Викладацький склад	Проф.Пономаренко О.І.
Спеціальність	131 «Прикладна механіка»
Освітня програма	Прикладна механіка
Кількість годин	120 год
Кредити ECTS	4,0
Опис	<p>В результаті вивчення курсу студент повинен знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - класифікацію адитивних технологій; - вміти правильно вибрати адитивну технологію для виробництва вилівка, оснастки, форми в залежності від вимог замовника; - розробити адитивну технологію для конкретного виробу; - вибрати спосіб виготовлення, вибрати матеріал вилівка, форми; - обґрунтувати з економічної точки зору вибраний технологічний процес. <p>Мета курсу - дати майбутнім фахівцям знання про основні види адитивних технологій, що передбачають виготовлення виробів по САД-моделі або методом пошарового нарощування матеріалу та вміння розробки адитивної технології для конкретного виробу.</p> <p>Компетентності: ЗК1; ЗК2; ЗК5; ЗК8; ФК1, ФК5, ФК7; ФК9, ФК11. Результати навчання:РН2; РН3; РН7; РН9; РН10; РН13; РН14.</p> <p>Методи навчання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Модульні контрольні роботи (індивідуальні завдання); - лабораторні заняття, практичні заняття; - екзамен.
Тип дисципліни	Профільована дисципліна
Підсумковий контроль	Екзамен у 2 семестрі

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра _____ «Ливарного виробництва» _____

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної комісії _____ «Прикладна механіка» _____
(назва комісії)

_____ Олександр ШЕЛКОВИЙ

(підпис) (ініціали та прізвище)

« _____ » _____ 20 _____ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Адитивні технології в ливарному виробництві

рівень вищої освіти _____ другий (магістерській) рівень вищої освіти

галузь знань _____ 13 Механічна
інженерія _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 131 Прикладна механіка _____

спеціалізація _____ 131-09 «Комп'ютеризоване ливарне виробництво, художнє та ювелірне литво

вид дисципліни _____ професійна підготовка _____

форма навчання _____ денна _____

Харків – 2023-2024 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни

Адитивні технології в ливарному виробництві

Розробники:

____ проф., д.т.н., проф..
(посада, науковий ступінь та вчене звання)

_____ Ольга ПОНОМАРЕНКО
(підпис) (ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

«Ливарне виробництво» _____

Протокол від «_27_» _____ 06 _____ 2023 __ року № _11_

Завідувач кафедри «Ливарне виробництво» _____ Олег АКИМОВ

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Назва випускової кафедри _____ «Ливарне виробництво» _____

Завідувач кафедри _____ Олег АКИМОВ

«_____» _____ 20__ р.

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Підпис голови НМК (для дисциплін загальної підготовки та дисциплін професійної підготовки за спеціальністю) або завідувача випускової кафедри (для дисциплін професійної підготовки зі спеціалізації, якщо РПНД розроблена не випусковою кафедрою)

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета курсу – дати майбутнім фахівцям знання про основні види адитивних технологій, що передбачають виготовлення виробів по САД-моделі або методом пошарового нарощування матеріалу та вміння розробки адитивної технології для конкретного виробу.

Компетентності: ЗК1; ЗК2; ЗК5; ЗК8; ФК1, ФК5, ФК7; ФК9, ФК11.

Результати навчання:РН2; РН3; РН7; РН9; РН10; РН13; РН14.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Теорія формування виливків ЗК-5; ЗК-7; ПК-1; ПКс-2; ПКс-4; РНз-5; РН-2; РН-3; РН-4; РН-5; РН-6; РНс-1; РНс-3; РНс-13	Дипломне проектування ЗК-1, ЗК-2, ЗК-4, ЗК-5, ЗК-6, ЗК-7, ЗК-8, ЗК-9, ЗК-10, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6 РНз-1, РНз-2, РНз-4, РНз-5, РН-2, РН-3, РН-4, РН-5, РН-6
Сучасні методи формоутворення у ливарному виробництві ЗК-1, ЗК-2, ЗК-3, ЗК-4, ЗК-5, ЗК-6, ЗК-7, ЗК-8	
Ливарні сплави та ресурсо і енергозберігаючі технології плавки ЗК-5; ЗК-7; ПК-3; ПК-4; ПКс-2; ПКс-4	
Системи САД/САМ/САЕ в ливарному виробництві ЗК-5; ЗК-7; ПК-3; ПК-4; ПКс-2; ПКс-4	

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	з них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	120/ 4	64	72	32	16		Р	2		+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 40 (%):

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Порядковий № заняць	Види навчальних заняць (Л; ЛЗ; ПЗ; С; М)	Кількість годин	Номери семестрів. Найменування тем і питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу студентам	Інформаційно-методичне забезпечення
1	2	3	4	6
1	Л1	2	<p style="text-align: center;">Змістовий модуль № 1</p> <p>Види адитивних технологій</p> <p>Вступ. Значення та задачі дисципліни. Література. Історичні передумови появи адитивних технологій. Огляд досягнень у сфері 3D-друку за останні роки. Адитивні технології та сфера їх застосування.</p>	
2	Л2	4	<p>Тема 1. Термінологія та класифікація по адитивним технологіям у виробництві. Класифікація: за типом будівельних матеріалів Класифікація: за ключовою технологією: лазерні нелазерні.</p>	
3	ЛЗ1	2	<p>Використання адитивних технологій на сучасних підприємствах.</p>	
4	ЛЗ	4	<p>Тема 2. Види технологій</p> <p>1. Bed Deposition технології: SLS- та SLA-технології.</p> <p>Bed Deposition: SLM – Selective Laser Melting (компанія SLM Solutions, Німеччина);</p> <p>DMLS – Direct Metal Laser Sintering (компанія EOS , Німеччина); EBM – Electron Beam Melting (компанія Arcam , Швеція); Laser Cusing (компанія Concept Laser, Німеччина); SPLS – Solid Phase Laser Sintering (компанія Phenix</p>	

			<p>Systems, Франція , в справжнє час придбано компанією 3D Systems); Ink-Jet або Binder Jetting (компанії ExOne, 3D Systems, США) та ін .</p> <p>2. Direct Deposition технології.</p> <p>Технології Direct Deposition: DMD - Direct Metal Deposition (компанія POM, США); LENS – Laser Engineered Net Shape (компанія Optomec, США); DM - Direct Manufacturing (компанія Sciaky , США); MJS - Multiphase Jet Solidification (компанії Fraunhofer IFAM, Німеччина ; FDM, США) та ін .</p>
5	ЛЗ2	2	<p>Побудова 3D-моделі деталі за визначеними габаритними розмірами.</p>
6	Л4	4	<p>Тема 3. Класифікація ASTM за категоріями: Material Extrusion, Material Jetting, Binder Jetting, Sheet Lamination, Vat Photopolymerization, Powder Bed Fusion, Directed energy deposition.</p>
7	ЛЗ3	3	<p>Побудова 3D-моделі деталі в системі твердотільного моделювання.</p>
8	Л5	4	<p>Тема 4. Адитивної технології у машинобудівних галузях.</p> <p>АД-технології: SLA, Stereolithography Apparatus – затвердіння шару фотополімеру за допомогою лазерного променя; SLS, Selective Laser Sintering – пошарове лазерне спікання порошкових матеріалів, зокрема полімерів; DMF, Direct Metal Fabrication – різновид SLS-технології, пошарове лазерне спікання металопорошкових композицій; іноді називають DMLS, Direct Metal Laser Sintering; SLM, Selective Laser Melting – різновид SLS-технології, пошарове лазерне плавлення металопорошкових композицій; DLP, Digital Light</p>

			<p>Procession – засвітлення шару фотополімеру за допомогою цифрового прожектора; Poly-Jet – нанесення шару фотополімеру через багатосоплову головку та його затвердіння за допомогою засвітки ультрафіолетовою лампою; FDM, Fused Deposition Modeling – пошарове накладання розплавлених ниткоподібних полімерів; Ink-Jet – затвердіння шару порошкового матеріалу шляхом нанесення сполучного складу через багатосоплову головку (за типом струминного 3D-принтера).</p> <p>Побудова 3D-моделі деталі типу «Пружина» в системі твердотільного моделювання.</p>	
9	ЛЗ4	2		
10	Л6	2	<p>Тема 5. Характеристика ринку АД-технологій.</p> <p>Ринок АД-технологій, зокрема 3D-принтерів. «Аматорські» та «професійні» 3D-принтери.</p>	
11	Л7	4	<p>Тема 6. Критерії вибору АД-технологій.</p> <p>Критерії: вартість придбання; продуктивність; якість поверхні моделі; ступінь деталізації (здатність побудувати дрібні фрагменти); точність побудови; трудомісткість пост-обробки; стабільність модельного матеріалу; термін служби машини (принтера) до заміни основних вузлів; вартість модельних (будівельних та допоміжних) матеріалів; надійність та строки поставки витратних матеріалів та запасних частин; розвиненість служби технічної підтримки у регіоні; вартість поточного</p>	

			технічного обслуговування машини; вартість сервісного договору (в пост-гарантійний період); надійність та довговічність машини; час життя основних вузлів до заміни чи капремонту; необхідна кваліфікація та, відповідно, вартість обслуговуючого персоналу, а також необхідна площа інсталяції та інженерна інфраструктура.	
12	M1	2	Модульна контрольна № 1	
13	Л8	4	Змістовий модуль № 2. Адитивні технології та ливарне виробництво Тема 7. Адитивні технології та швидке прототипування. Завдання швидкого прототипування. Технології SLS, DLP, Poly-Jet та ін., що використовують рідкий фотополімер як модельний матеріал. Порівняння шорсткостей моделей, отриманих різними методами. Виготовлення "швидкого оснащення" - "rapid tooling" АД-технологіями. Фірми-виробники найпопулярніших принтерів для прототипування.	
14	Л9	4	Тема 8. Технологии и машины для выращивания металлических изделий Машини та обладнання для «вирощування» з металу. Розподіл машин та обладнання на групи: «Bed Deposition» та «Direct Deposition».	

		<p>Машини, обладнання та технології групи «Bed Deposition» компаній: Компанія Concept Laser, Компанія EOS, Компанія 3D Systems(США). Компанія SLM Solutions(Німеччина), Компанія Realizer(Німеччина), Компанія Renishaw, Компанія Arcam, Компанія Matsuura Machinery.</p> <p>Технології Sheet Lamination (група Bed Deposition), Основні параметри машин для пошарового синтезу із металопорошкових композицій (група «Bed Deposition»).</p> <p>Машини, обладнання та технології групи «Direct Deposition» компаній: Компанія POM Group (США), Optomec (США), Ipera Laser (Франція), InssTek (Південна Корея), Sciaky (США). Основні параметри машин для пошарового синтезу із металопорошкових композицій, група «Direct Deposition».</p> <p>Основні технології 3D друку. FDM. SLA. SLM. DMLS.</p>	
15	ЛЗ5	2	
16	Л10	4	<p>Тема 9. Адитивні технології та ливарне виробництво</p> <p>Технології лиття металів з використанням синтез-моделей та синтез-форм. Синтез-моделі із порошкових полімерів, технологія SLS. Машини для технології пошарового синтезу моделей із полімерних порошкових матеріалів у ливарному виробництві. Ink-Jet-технологія.</p> <p>Синтез-моделі із світлозатверджуваних смол. SLA – лазерна стереолітографія.</p> <p>Використання стереолітографії при вирощування ливарних моделей; виготовлення майстер-моделей (для подальшого одержання силіконових форм, воскових моделей та виливків із поліуретанових смол); створення</p>

			<p>дизайн-моделей, макетів та функціональних прототипів; виготовлення повнорозмірних та масштабних моделей для гідродинамічних, аеродинамічних, міцнісних та інших видів досліджень, Quick-Cast-моделі Переваги технології Quick-Cast.</p> <p>Номенклатура модельних матеріалів: VisiJet Flex, VisiJet Tough – ABS, VisiJet Clear, VisiJet HiTemp , VisiJet e-Stone.</p> <p>Основні параметри SLA-машин компанії 3D Systems.</p> <p>Технологія DLP – Digital Light Proccession для отримання якісної цифрової проєкції.</p> <p>МММ-технологія. Отримання «восковок» - воскоподібні синтез-моделі для подальшого лиття за моделями, що виплавляються.</p>
14	ЛЗ6	2	<p>Матеріали для 3D друку. Полімерні матеріали. Композити. Металовмісні матеріали.</p>
15	Л11	6	<p>Тема 10. Технології та машини для синтезу піщаних ливарних форм.</p> <p>Загальні відомості про технології синтезу піщаних форм.</p> <p>Технології для виробництва піщаних ливарних форм: АД-технологія пошарового спікання плакованого піску лазерним променем (фірма EOS) та пошарового нанесення сполучного складу, або Ink-Jet-технологія (ExOne). Технологія фірми EOS (Німеччина) є різновидом SLS-технології.</p> <p>Машини для синтезу піщаних форм.</p> <p>Машини для пошарового синтезу піщаних форм та стрижнів.</p> <p>Оснащення ливарної ділянки для ефективного використання адитивних технологій</p>

16	Л12	4	<p>Тема 11. Алгоритм дій конструктора-технолога при проектуванні технології.</p> <p>Послідовність операцій: створення САД-модель виробу, проектування ливникової системи, модель масштабують відповідно до коефіцієнта усадки ливарного матеріалу, одержання технологічної САД-моделі, створення САД-моделі стрижнів та зовнішніх форм.</p> <p>Моделювання процесу лиття. Сучасні програмні продукти, такі як: Magma (Magma GmbH, Німеччина); ProCAST (ESI Group, Франція); QuikCAST (ESI Group, Франція); СКМ ЛП "ПолігонСофт"; LVMFlow.</p>	
17	ЛЗ7	3	<p>Робота з 3D моделями. Програмне забезпечення для тривимірного моделювання.</p>	

18	M2	2	Модульна контрольна робота № 2
Усього		48	

ПЛАН ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ТА ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Порядковий № зан.	Види навчальн. Занять	Кількість годин	Номери семестрів, найменування тем і питань кожного заняття. Завдання на самостійну тему.
2	ЛЗ1	2	Використання адитивних технологій на сучасних підприємствах.
14	ЛЗ2	2	Побудова 3D-моделі деталі за визначеними габаритними розмірами.
15	ЛЗ3	3	Побудова 3D-моделі деталі в системі твердотілого моделювання.
18	ЛЗ4	2	Побудова 3D-моделі деталі типу «Пружина» в системі твердотілого моделювання.
19	ЛЗ5	2	Основні технології 3D друку. FDM. SLA. SLM. DMLS.
	ЛЗ6	2	Матеріали для 3D друку. Полімерні матеріали. Композити. Металовмісні матеріали.
	ЛЗ7	3	Робота з 3D моделями. Програмне забезпечення для тривимірного моделювання.
Усього		16	

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	11
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	20
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	16
4	Виконання індивідуального завдання:	20
5	Інші види самостійної роботи	5
	Разом	72

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	На основі виданого виробу (виливки, деталі, стрижня, ливарної форми) вибрати: 1. Метод виготовлення виробу; 2. Вибір матеріалу; 3. Розробити технологію виготовлення виробу. 4. Навести список використаної літератури .	12 тиждень

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

При викладанні дисципліни використовується технологія проблемно-орієнтованого навчання, самонавчання, навчання на основі досліджень.

Викладання проводиться у вигляді: лекції, мультимедійні лекції, практичні заняття, самостійне навчання.

При вивчанні дисципліни виконуються:

- Модульні контрольні роботи (тести, індивідуальні завдання);
- Розрахункове завдання_
- Екзамен.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль: усні опитування за теоретичним матеріалом, модульні контрольні роботи, виконання індивідуальних завдань в вигляді розрахункового завдання.

Підсумковий контроль: екзамен.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. Розподіл балів для оцінювання поточної успішності студента

Поточне тестування та самостійна робота									Сума
Змістовий модуль 1					Змістовий модуль 2				
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	100
6	6	16	3	16	28	16	3	6	

T1, T2, ... – номери тем змістових модулів.

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національна оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	<ul style="list-style-type: none"> - Глибоке знання навчального матеріалу, що містяться в основних і додаткових літературних джерелах; - вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - вміння проводити теоретичні розрахунки; - відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні; - вміння вирішувати складні практичні задачі. 	Відповіді на запитання можуть містити незначні неточності
82-89	B	Добре	<ul style="list-style-type: none"> - Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу, - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати складні практичні задачі. 	Відповіді на запитання містять певні неточності ;
75-81	C	Добре	<ul style="list-style-type: none"> - Міцні знання матеріалу, що вивчається, та його практичного застосування; - вміння давати аргументовані відповіді на 	- невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних

			запитання і проводити теоретичні розрахунки ; - вміння вирішувати практичні задачі .	задач.
64-74	Д	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування ; - вміння вирішувати прості практичні задачі .	Невміння давати аргументовані відповіді на запитання; - невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки ; - невміння вирішувати складні практичні задачі .
60-63	Е	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень - вміння вирішувати найпростіші практичні задачі .	Незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; - невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач
35-59	ФХ (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	Додаткове вивчення матеріалу може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом .	Незнання основних фундаментальних положень навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати прості практичні задачі .
1-34	Ф (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальний контент, плани практичних занять, індивідуальні завдання, кейси поточних та підсумкового контролю, завдання для комплексної контрольної роботи розміщені на сайті кафедри:

<http://web.kpi.kharkov.ua/lv/>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	David L. Bourella, Joseph J. Beaman, Jr.a, Ming C. Leub and David W. Rosenc. A Brief History of Additive Manufacturing and the 2009 Roadmap for Additive Manufacturing: Looking Back and Looking Ahead. RapidTech 2009, www.rapidtech.itu.edu.tr .
2	Beaman J. J. Solid Freeform Fabrication: An Historical Perspective. The University of Texas. Austin, Texas.
3	Techel A. et al. Laser Additive Manufacturing of Turbine Components, Precisely and Repeatable. Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology (IWS), інтернет-видання Laser Institute of America. http://www.lia.org/blog/category/laser-insights-2/laser-additive-manufacturing .
4	Sabina L. Campanelli et. al. Capabilities and Performances of the Selective Laser Melting Process. Polytechnic of Bari, Department of Management and Mechanical Engineering, Viale Japigia, 182 Italy [Електр. ресурс], Режим доступу: http://cdn.intechweb.org/pdfs/12285.pdf
5.	3-D Printing Manufacturing Process is Here; Independent global forum for the Unmanned Aircraft Systems community, UAS Vision [Електр.ресурс]. – URL: http://www.uasvision.com .
6.	Khoshnevis B. et al. Metallic part fabrication using Selective Inhibition Sintering (SIS). Department of Industrial and Systems Engineering University of South California, Los Angeles, CA 90089, USA. [Електр. ресурс], https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:EchCrGNayJEJ:wwwbcf.usc .
7.	5-akselinen pystykarainen työstökeskus MATSUURA MAM72-35V on uudistunut. 18.12.2012. http://www.makrum.fi/blog/matsuura-uudistanut-mam72-35v-pystykaraisentyostokeskuksen/
8.	Louvis E. et. al. Selective laser melting of aluminium components. Journal of Materials Processing Technology. Volume 211, Issue 2, 1 February 2011, Pages 275–284. Department of Engineering, The University of Liverpool, Liverpool L69 3GH, United Kingdom.
9.	Yasa E. et. al. The investigation of the influence of laser re-melting on density, surface quality and microstructure of selective laser melting parts // Rapid Prototyping Journal. – 2011. – Vol. 17. – Iss: 5. – P. 312-327.
10.	Yasa E., Kruth J. Application of laser re-melting on Selective laser melting parts. Catholic University of Leuven, Dept. of Mech. Eng, Heverlee, Belgium. Advances in Production Engineering & Management 6 (2011) 4. P. 259-270, Scientific paper [Електр.ресурс]. URL: https://lirias.kuleuven.be .
11.	Beyer E. New Industrial Systems & Concepts for Highest Laser Cladding Efficiency. Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik. MAY 6, 2011 in LASER CLADDING, LASER MANUFACTURING [Електр. ресурс] режим доступу http://www.lia.org/blog/2011/05/high-performancelaser-cladding/
12	Dutta B. et. al. Additive Manufacturing by Direct Metal Deposition ADVANCED MATERIALS & PROCESSES • MAY 2011. P. 33-36.

13	Types of 3D Printing Technology. URL: https://all3dp.com/1/types-of-3d-printers-3d-printing-technology (дата звернення: 13.09.2021).
----	---

Допоміжна література

1.	Robbie Adams, ION FUSION FORMATION, Pat. US 6,680,456 B2, Jan. 20, 2004.
2.	Beyer E. New Industrial Systems & Concepts for Highest Laser Cladding Efficiency. Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik. MAY 6, 2011 in LASER CLADDING, LASER MANUFACTURING [Електр. ресурс режим доступу http://www.lia.org/blog/2011/05/high-performancelaser-cladding/]
3.	Hohmann M., Brooks G., Spiegelhauer C. Production methods and applications for high-quality metal powders and sprayformed products. Produktionsmethoden und Anwendungen für qualitativ hochwertige Metallpulver und spruhkompaktierte Halbzeuge. Stahl und Eisen. – 2005.
4.	Boulos M. Plasma power can make better powders. Metal Powder Report. 2004. – Vol. 59. – Issue 5. – P. 16-21.
5.	Donachie M.J., Donachie S. Superalloys: A Technical Guide, 2 nd Ed. – ASM International, 2002. – 438 p.
6.	Fngelo H. C., Subramanian R. Powder Metalurge: Science, technology and application. – New Dehli, 2009.
7.	Ahsan M.N. et. al. A comparison of laser additive manufacturing using gas and plasma-atomized Ti-6Al-4V powders // Innovative Developments in Virtual and Physical Prototyping. – London: Taylor & Francis Group, 2012.. http://foundrymag.com/feature/new-tooling-alloysmolds-and-dies-advancing-market .

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

<http://archive.kpi.kharkov.ua/>

<http://repository.kpi.kharkov.ua/>

<http://web.kpi.kharkov.ua/lv/>