

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ



Директорка Інженерного навчально-
наукового інституту ЗНУ ім. Ю. М. Потебні
Наталія МЕТЕЛЕНКО
(ініціали та прізвище)
« 2023 »

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ МЕТАЛУРГІЇ

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ


підготовки магістрів
очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття вищої освіти
спеціальності **136 Металургія**
освітньо-професійних програм «Обробка металів тиском»
«Металургія кольорових металів»
«Металургія чорних металів»

Укладач Воденнікова О.С., канд. техн. наук, доцент кафедри МТЕТБ

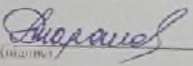
Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри металургійних
технологій, екології та техногенної безпеки

Ухвалено науково-методичною радою
ІННІ ім. Ю. М. Потебні

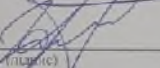
Протокол № 1 від «29» серпня 2023_ р.
Завідувач кафедри МТЕТБ


Юрій БЕЛОКОНЬ
(ініціали, прізвище)


Протокол № 1 від «30» серпня 2023 р.
Голова науково-методичної ради ІННІ ім.
Ю. М. Потебні


Тетяна ШАРАПОВА
(ініціали, прізвище)

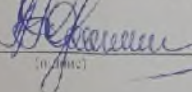
Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми


Юрій БЕЛОКОНЬ
(ініціали, прізвище)

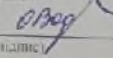
Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми


Тетяна НЕСТЕРЕНКО
(ініціали, прізвище)

Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми


Олександр КИРИЧЕНКО
(ініціали, прізвище)

Погоджено
Відповідальний за секцію «Металургійний
профіль»


Оксана ВОДЕННИКОВА
(ініціали, прізвище)

2023 рік

1. Опис навчальної дисципліни

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 13 «Механічна інженерія»	Кількість кредитів – 3	Обов'язкова	
		Цикл професійної підготовки спеціальності	
Спеціальність 136 «Металургія»	Загальна кількість годин – 90	Семестр:	
		2-й	2-й
Освітньо-професійні програми «Обробка металів тиском», «Металургія кольорових металів», «Металургія чорних металів»	Змістових модулів – 6	Лекції	
		12 год.	4 год.
		Практичні	
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Кількість поточних контрольних заходів – 12	24 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		54 год.	80 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Сучасні проблеми металургії» є ознайомлення із сучасними проблемами металургійного виробництва, зокрема проблемами виробництва та обробки металів та сплавів, сьогоденними досягненнями в області створення нових матеріалів і процесів, нанесення зносостійких покриттів, сучасними проблемами теоретичного й прикладного матеріалознавства та інженерії поверхні металів, а також проблемами енерго- та ресурсозбереження металургійного виробництва.

Основними **завданнями** вивчення навчальної дисципліни «Сучасні проблеми металургії» є:

- освоїти основні методи дослідження, аналізу, діагностики та моделювання властивостей речовин (матеріалів), фізичних і хімічних процесів, що протикають в них, освоїти методи дослідження в технологіях отримання, виробництва і модифікації матеріалів;

- оволодіти навичками використання принципів і методик комплексних досліджень, випробувань і діагностики матеріалів та виробів, а також процесів їх виробництва, обробки та модифікації;

- виробити навички порівняльного аналізу існуючих технологій в галузі створення нових матеріалів і процесів, тонких плівок, інтелектуальних матеріалів та покриттів, наноматеріалів та нанотехнологій;

- набути навичок вибору матеріалів для заданих умов експлуатації з урахуванням вимог технологічності, економічності, надійності та довговічності, а також екологічних наслідків їх застосування.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи, що забезпечують досягнення результатів навчання та компетентностей
<i>1</i>	<i>2</i>
<p>Загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Прагнення до збереження навколишнього середовища. <p>Спеціальні (фахові) компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Здатність приймати ефективні рішення в металургії. – Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми металургії в широких та мультидисциплінарних контекстах, у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності. – Здатність управляти робочими або навчальними процесами у сфері металургії, які є складними, непередбачуваними та 	<p><i>Поточний контроль знань</i> проводиться у формі відповіді на тестові запитання та виконання практичних завдань.</p> <p>Додаткові види роботи – участь у ділових (ситуативних) іграх; робота в групах; участь у науково-дослідній роботі (участь в конференції, студентської наукової проблемних груп, підготовці публікацій, участь в конкурсах тощо).</p> <p><i>Підсумковий контроль знань</i> проводиться у вигляді заліку.</p> <p>Здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти вважається допущеним до підсумкового контролю з дисципліни, якщо виконав усі види робіт, передбачені навчальним планом з цієї дисципліни.</p>

потребують нових стратегічних підходів.

Спеціальні (фахові) компетентності, визначені освітньо-професійною програмою:

– Здатність застосовувати теоретичні знання та технологічні навички для дослідження та аналізу доменних, сталеплавильних, електрометалургійних, феросплавних процесів; процесів спеціальної електрометалургії; процесів розливки та кристалізації сталі; процесів позаагрегатного рафінування металів; процесів виробництва вогнетривких, вуглецевих, композиційних, порошкових матеріалів у виконанні інноваційних проектів для оборонної промисловості в металургійній галузі.

– Здатність застосовувати методи та засоби моделювання та розрахунку технологічних режимів процесів чорної металургії у промисловому секторі і комплексного впровадження металургійних технологій у період повоєнного відновлення.

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «Сучасні проблеми металургії» є логічним продовженням дисциплін «Ресурсозберігаючі технології утилізації відходів», «Нові матеріали в металургії» та «Фізико-хімічні процеси виробництва чорних металів».

Знання, отримані під час вивчення дисципліни «Сучасні проблеми металургії», стануть у пригоді в процесі написання кваліфікаційної роботи магістра та подальшої наукової й практичної діяльності за спеціальністю 136 «Металургія».

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Огляд сучасних проблем виробництва та обробки сталей, світові тенденції в металургії.

Основні тенденції та проблеми в вітчизняній та закордонній металургійній галузі. Сьогодні досягнення в області створення нових матеріалів і процесів, тонких плівок, інтелектуальних матеріалів і покриттів, наноматеріалів і нанотехнологій. Проблеми розсіпання та самодиспергування марганцевих та кремнієвих сплавів. Досягнення в створенні нових матеріалів. Біметали. Тонкопліткові матеріали та покриття. Інтелектуальні матеріали та покриття. Наноматеріали та нанотехнології.

Змістовий модуль 2. Проблеми нанесення зносостійких покриттів. Проблеми трибології. Проблеми радіоактивності металургійної сировини та металопродукції.

Проблеми нанесення зносостійких покриттів: протикорозійний захист деталей та металоконструкцій, зносостійкі покриття для захисту деталей тертя

сучасних газотурбінних двигунів, застосування самопоширюваного високотемпературного синтезу в технологіях нанесення зносостійких покриттів. Проблеми трибології та триботехніки.

Основні поняття радіоактивності металів. Радіоактивність шихтових компонентів та продуктів плавки металургійного виробництва. Радіоактивні метали в червоних шламах. Радіаційний контроль металургійної сировини та металопродукції.

Змістовий модуль 3. Проблеми утилізації та використання вторинних матеріалів. Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів.

Вторинні матеріали металургійного виробництва. Шляхи підвищення ефективності металургійного виробництва. Утилізація металобрухту.

Фізико-технічні проблеми матеріалознавства. Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів.

Змістовий модуль 4. Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском

Сучасні проблеми деформації металів. Проблеми прокатування та кування заготовок. Проблеми пресування та волочіння металів. Проблеми в холодному об'ємному і листовому штампуванні. Проблеми в гарячому об'ємному штампуванні. Нові технологічні методи обробки металів.

Змістовий модуль 5. Експертиза дослідження металів та сплавів.

Основні поняття експертизи дослідження металів та сплавів. Основні методи аналізу металів та сплавів, що використовуються при проведенні матеріалознавчої експертизи.

Змістовий модуль 6. Адитивне виробництво: перспективи та проблеми 3D-друку.

Основні поняття адитивного виробництва. Сучасні технології адитивного виробництва: технологія лазерної стереолітографії; технологія селективного лазерного спікання; технологія селективного лазерного плавлення; технологія прямого лазерного спікання металів; моделювання методом пошарового наплавлення; технологія фотополімерного друку.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин		Лекційні заняття, год		Практичні заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів	
				о/д ф.	з/ди ст.ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/дист ф.				
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	10	4	3	2	1	2	2	6	7	5	5	10	
2	10	8	1	2	1	6	-	2	9	-	10	10	
3	10	8	3	2	1	6	2	2	7	-	10	10	
4	10	8	3	2	1	6	2	2	7	5	5	10	
5	10	4	-	2	-	2	-	6	10	5	5	10	
6	10	4	-	2	-	2	-	6	10	5	5	10	
Усього за змістові модулі	60	36	10	12	4	24	6	24	50	20	40	60	
Підсумковий семестровий контроль залік	30								30	20	20	40	
Загалом		90									100		

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д.ф.	з/дист.ф.
1	2	3	4
1	Огляд сучасних проблем виробництва та обробки сталей, світові тенденції в металургії	2	1
2	Проблеми нанесення зносостійких покриттів. Проблеми трибології	1	1
	Проблеми радіоактивності металургійної сировини та металопродукції	1	-
3	Проблеми утилізації та використання вторинних матеріалів	1	-
	Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів	1	1
4	Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском	2	1
5	Експертиза дослідження металів та сплавів	2	-
6	Адитивне виробництво: перспективи та проблеми 3D-друку	2	-
Разом		12	4

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д.ф.	з/дист.ф.
1	2	3	4
1	Огляд сучасних проблем виробництва та обробки	2	2

	сталей, світові тенденції в металургії		
2	Проблеми нанесення зносостійких покриттів. Проблеми трибології	4	-
	Проблеми радіоактивності металургійної сировини та металопродукції	2	-
3	Проблеми утилізації та використання вторинних матеріалів	2	-
	Сучасні проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів	4	2
4	Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском	6	2
5	Експертиза дослідження металів та сплавів	2	-
6	Адитивне виробництво: перспективи та проблеми 3D-друку	2	-
Разом		24	6

7. Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля	Види поточних контрольних заходів	Зміст поточного контрольного заходу	*Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1	Тест 1	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 1 (розділ 3 робочої програми навчальної дисципліни)	Відповідь на 5-ть тестових запитань з п'ятьма варіантами відповіді, одна з яких є правильною. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Огляд сучасних проблем виробництва та обробки сталей, світові тенденції в металургії	Практичне завдання має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або 2016 та завантажено у Систему електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle	Практичне завдання оцінюється від 0,5 до 5 балів в залежності від повноти розкриття теми	5
Усього за ЗМ 1	2			10
2	Ознайомлення з проблемами нанесення зносостійких покриттів та проблемами трибології	Практичне завдання має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або 2016 та завантажено у Систему електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle	Практичне завдання оцінюється від 0,5 до 5 балів в залежності від повноти розкриття теми	5
	Ознайомлення з проблеми радіоактивності металургійної сировини та металопродукції			5
Усього за ЗМ 2	2			10
3	Ознайомлення з проблемами утилізації та використання вторинних матеріалів	Практичне завдання має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або 2016 та завантажено у Систему	Практичне завдання оцінюється від 0,5 до 5 балів в залежності від повноти розкриття теми	5
	Ознайомлення з сучасними проблемами матеріалознавства та інженерії поверхні			5

	металів	електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle		
Усього за ЗМ 3	2			10
4	Тест 2	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 4 (розділ 3 робочої програми навчальної дисципліни)	Відповідь на 5-ть тестових запитань з п'ятьма варіантами відповіді, одна з яких є правильною. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Ознайомлення з теоретичними та практичними проблемами в обробці металів тиском	Практичне завдання має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або 2016 та завантажено у Систему електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle	Практичне завдання оцінюється від 0,5 до 5 балів в залежності від повноти розкриття теми	5
Усього за ЗМ 4	2			10
5	Тест 3	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 5 (розділ 3 робочої програми навчальної дисципліни)	Відповідь на 5-ть тестових запитань з п'ятьма варіантами відповіді, одна з яких є правильною. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	5
	Ознайомлення з проблемами проведення експертизи дослідження металів та сплавів	Практичне завдання має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або 2016 та завантажено у Систему електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle	Практичне завдання оцінюється від 0,5 до 5 балів в залежності від повноти розкриття теми	5
Усього за ЗМ 5	2			10
	Тест 4	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 6 (розділ 3 робочої програми навчальної дисципліни)	Відповідь на 5-ть тестових запитань з п'ятьма варіантами відповіді, одна з яких є правильною. Правильна відповідь оцінюється у	5

			1 бал.	
	Ознайомлення з проблемами адитивного виробництва	Ознайомлення з проблемами адитивного виробництва	Ознайомлення з проблемами адитивного виробництва	5
Усього за ЗМ 6	2			10
Усього за змістові модулі	12			60

8. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
Залік	Тестування	Тестування передбачає відповідь на теоретичні питання. Час відповіді становить 20 хв. Залік відбувається у Системі електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle	Відповідь на 20-ть тестових запитань з п'ятьма варіантами відповіді, одна з яких є правильною. Правильна відповідь оцінюється у 1 бал.	20
	Підсумкове практичне завдання – презентація та її захист	Підсумкове практичне завдання з основ проблем металургії має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або 2016 та завантажено у Систему електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle	Презентація оцінюється від 0,5 до 20 балів в залежності від повноти розкриття теми та з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

9. Рекомендована література

Основна:

1. Воденнікова О. С. Сучасні проблеми металургії : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Металургія» освітньо-професійних програм «Металургія чорних металів», «Металургія кольорових металів» та «Обробка металів тиском». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2021. 76 с.

2. Манжілевський О. Д., Іскович-Лотоцький Р. Д. Сучасні адитивні технології 3D друку. Особливості практичного застосування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2021. 105 с.

3. Шаповалов В. О., Біктагіров Ф. К., Могилатенко В. Г. Позапічне оброблення сталі : способи, процеси, технології : підручник для студ. спеціальності 136 «Металургія», освітньої програми «Комп'ютеризовані процеси лиття»; за ред. академіка І. В. Кривцуна. Київ : Хімджест, 2023. 360 с.

Додаткова:

1. Аналіз структурно-хімічного стану формування шару термітного сплаву на сталевій підкладці самопоширюваним високотемпературним синтезом / І. Е. Скідін, Б. Ф. Белов, О. С. Воденнікова та ін. *Метал та лиття України*. 2020. № 4(28). С. 69–75.
2. Афтанділянц Є. Г., Зозулько О. В., Лопатько К. Г. *Наноматеріалознавство : підруч.* Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 550 с.
3. Бякова О. В., Скороход В. В., Юркова О. І. Спінені та високопористі матеріали з комірковою структурою : навч. посіб. для студ. вищ. техн. навч. закл.; під. заг. ред. акад. НАН України В. В. Скорохода. Київ : Гарант-Сервіс, 2011. 319 с.
4. Воденнікова О. С., Воденніков С. А., Бондаренко Я. В. Заходи з модернізації спікального відділення агломераційної фабрики ПрАТ «КАМЕТ-СТАЛЬ». *Метал та лиття України*. 2023. № 1(31). С. 8–17
5. Воденнікова О. С., Воденніков С. А., Віннік І. І. Аніліз продуктивності витяжної вентиляції в травильному відділенні. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*. Сер. : Технічні науки. 2020. Т. 31(70). Ч. 2. №6. С. 35–41. <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/07>
6. Воденнікова О. С., Воденніков С. А., Манідіна Є.А. Застосування кріогенного бластингу як сучасного методу очищення від забруднень виливниць для розливки сталі. *Метал та лиття України*. 2021. Т. 29. № 4(29). С. 85–91.
7. Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В. Десульфуратія сталі: сучасні технології, тенденції та перспективи. *Метал та лиття України*. 2022. № 1(328). С. 42–53.
8. Гришин О. М., Надточій А. А., Петренко В. О., Киричок В. С. Фізико-хімічні передумови зневуглицьовування продуктів вуглецевотермічного відновлення Cr_2O_3 . *Сучасні проблеми металургії*. 2022 № 25. С. 3–16. <https://doi.org/10.34185/1991-7848.2022.01.01>
9. Дослідження зміни вмісту сірки в чавуні і складу шлаку на технологічних переробах при підготовці чавуну до конвертерної плавки / А. П. Шевченко, В. Г. Кисляков, Б. В. Двоскін та ін. *Сучасні проблеми металургії*. 2022. № 25. С. 201–219. <https://doi.org/10.34185/1991-7848.2022.01.17>
10. Дубовий О. М., Казимиренко Ю. О., Лебедева Н. Ю., Самохін С. М. *Інженерне матеріалознавство : підруч.* Миколаїв : НУК, 2009. 444 с.
11. Зварювання в автомобілебудуванні : металознавство та технології : навч. посібн. / А. А. Косенков та ін. Київ : Університет «Україна», 2018. 239 с.
12. Куцова В. З., Федоркова Н. М. *Експертиза матеріалів та металів : навч. посіб.* Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. 51 с.
13. Куцевська Н. Ф., Терещенко О. Я., Папроцька О. А., Малишев В. В. *Наноматеріали та нанотехнології : навч. посіб.* Київ : Університет «Україна», 2018. 140 с.

14. Кущевська Н. Ф., Терещенко О. Я., Папроцька О. А., Малишев В. В. Наноматеріали та нанотехнології : методи аналізу та контролю : навч. посіб. Київ : Університет «Україна», 2018. 81 с.
15. Луцак Д. Л., Криль Я. А., Пилипченко О. В. Застосування самопоширюваного високотемпературного синтезу в технологіях нанесення зносостійких покриттів. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2015. № 2. С. 43–50.
16. Малишев В. В., Шахнін Д. Б., Зінченко В. В., Воденнікова О. С., Сергієнко Т. І., Воденнікова Л. В. Сучасний стан та прогнози розвитку світового ринку нанопорошків. *Металургія*. 2019. Вип. 2 (42). С. 111–116. <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2019-2-42-18>
17. Мельник Я. В. Енергозберігаючі технології як основа для підвищення конкурентоспроможності гірничо-металургійної продукції. *Інвестиції : практика та досвід*. 2011. №14. С. 72–76.
18. Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій; під заг. ред. В. В. Панасюка. Львів : Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, 2004. 912 с.
19. Наноматеріали і нанотехнології : навч. посіб. / М. О. Азаренков та ін. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2014. 316 с.
20. Основи трибології : підруч. / А. М. Антипенко, О. М. Белас, В. А. Войтов та ін.; за ред. Войтов В.А. Харків : ХНТУСГ, 2008. 342 с.
21. Терновий Ю. Ф., Воденнікова О. С., Білан В. І. Отримання комплексних лігатур на основі марганцю методом розпилення розплаву водою. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2019. Вип. 1(20). С. 162–167
22. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобудуванні. Суми : Сумський державний університет, 2014. 126 с.
23. Тонкоплівкові матеріали та технології їх одержання : навч. посіб. / Є. П. Калинушкін та ін. Дніпропетровськ : НМетАУ, 2009. 175 с.
25. Baboshko D., Saithareiev L., Hubin H., Vodennikova O., Skidin I. Researching of physicochemical and structural-phase transformations in carbothermal reducing of titanomagnetite concentrates. The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020) E3S Web Conferences 166. 2020. Vol. 166. pp. 20–27. (SCOPUS).
26. Bingheng Lu., Dichen Li, Xiaoyong Tian. Development Trends in Additive Manufacturing and 3D Printing. *Engineering*. 2015. no.1 (1). pp. 85–89.
27. Dillon S. Watring, Kristen C. Carter, Dustin Crouse, Bart Raeymaekers, Ashley D. Spear. Mechanisms driving high-cycle fatigue life of as-built Inconel 718 processed by laser powder bed fusion. *Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 761. pp. 137993.
28. Gowtam D. S., Rao A. G., Mohape M., Khatkar V., Deshmukh V. P., Shah A. K. Synthesis and characterization of in-situ reinforced Fe-TiC steel FGMs. *International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. 2008.

Vol. 17. no. 4. pp. 227–232.

29. Kolobov G., Kirichenko A., Vodennikova O., Panova V. Radioactive metals in red mud. *Problems of atomic science and technology*. Series Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science. 2020. Vol. 4(128). pp. 33–39. URL: <https://vant.kipt.kharkov.ua/TABFRAME.html>. (SCOPUS).

30. Trosch T., Strobner J., Volkl R., Glatzel U. Microstructure and mechanical properties of selective laser melted Inconel 718 compared to forging and casting. *Materials Letters*. 2016. Vol. 164. pp. 428–431.

31. Yeh C. L., Wang H. J. Effects of sample stoichiometry of thermite-based SHS reactions on formation of Nb–Al intermetallics. *Journal of Alloys and Compounds*. 2009. Vol. 485. Issues 1–2. pp. 280–284.

Інформаційні ресурси:

1. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3d-друку. URL: http://nti.ukrintei.ua/wp-content/uploads/2018/05/2017-1_stat9-UA_povn.pdf (дата звернення: 05.08.2021).

2. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96. URL: <http://plast.vn.ua/DK005-96.html> (дата звернення: 05.08.2021).

3. Експертна спеціальність 8.9 «Дослідження металів і сплавів». URL: <https://ndekc.kh.ua/diialnist/vydy-doslidzhen/ekspertna-spetsialnist-8-9-doslidzhennya-metaliv-i-splaviv> (дата звернення: 05.08.2021).

4. Макроаналіз металів і сплавів. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/shapovalova_materialoznavstvo/1.htm (дата звернення: 05.08.2021).

5. Основні наукові напрями та найважливіші проблеми фундаментальних досліджень у галузі природничих, технічних і гуманітарних наук Національної академії наук України на 2014–2018 роки. URL: http://bitp.kiev.ua/files/doc/news/2014/napr_14-18.pdf (дата звернення: 05.08.2021).

6. Проблеми матеріалознавства та інженерії поверхні металів. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PHKhMM_2018_54_1_23 (дата звернення: 05.08.2021).

7. Проблеми та перспективи розвитку металургійної галузі в Україні. URL: https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2019-2_0-pages-39_44.pdf (дата звернення: 05.08.2021).

8. Сучасні технології та світові тенденції в металургії. URL: <https://metinvestholding.com/ua/media/article/sovremennie-tehnologii-v-metallurgii-i-mirovie-tendencii> (дата звернення: 05.08.2021).

9. Українське підприємство запровадило 3D-друк у металургії. URL: <https://shotam.info/ukrains-ke-pidpriemstvo-zaprovadylo-3d-druk-u-metalurhii/> (дата звернення: 05.08.2021).

10. Формування механізму управління ресурсозбереженням в металургійній галузі України. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6015> (дата звернення: 05.08.2021).