

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
ІНСТИТУТ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОЇ РАДИ
ІНЖЕНЕРНОГО НАВЧАЛЬНО-НАУКОВОГО
ІНСТИТУТУ ІМ. Ю. М. ПОТЕБНІ

Наталія МЕТЕЛЕНКО

(підписати та прізвище)

2023

СПЕЦІАЛЬНІ ФЕРОСПЛАВИ, МОДИФІКАТОРИ ТА ЛІГАТУРИ
РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки магістрів
очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття вищої освіти
спеціальності **136 Металургія**
освітньо-професійна програма «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
(підписати, прізвище)

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

Тетяна ШАПОЛОВА
(підписати, прізвище)

Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми

Олексій КИРИЧЕНКО
(підписати, прізвище)

Погоджено
Відповідальний за секцію «Металургійний
профіль»

Оксана ВОДЕННИКОВА
(підписати, 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 – 4	Обов'язкова	
		Цикл професійної підготовки освітньої програми	
Спеціальність 136 «Металургія»	Загальна кількість годин – 120	Семестр:	
		2-й	2-й
Освітньо-професійні програми «Металургія чорних металів»	Змістових модулів – 8	Лекції	
		24 год.	2 год.
		Практичні	
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Кількість поточних контрольних заходів – 16	12 год.	2 год.
		Самостійна робота	
		84 год.	116 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Спеціальні феросплави, модифікатори та лігатури» є ознайомлення з характеристикою та структурою спеціальних сплавів, модифікаторів та лігатур, їх впливом на властивості сталі та чавуну, формування умінь практичного застосування набутих знань з технології модифікування чавунів і сталей.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Спеціальні феросплави, модифікатори та лігатури» є:

– ознайомлення з закономірностями модифікування сталі та чавуну спеціальними сплавами та модифікаторами;

– аналіз сучасних видів модифікаторів та лігатур.

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"> – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. – Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності). – Здатність працювати в міжнародному контексті. <p>Спеціальні (фахові) компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Здатність розробляти та реалізовувати проекти в сфері металургії, а також дотичні до неї міждисциплінарні проекти. – 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. <p><i>Спеціальні (фахові) компетентності, визначені освітньо-професійною програмою:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Здатність застосовувати теоретичні знання та технологічні навички для дослідження та аналізу доменних, сталеплавильних, електрометалургійних, феросплавних процесів; процесів спеціальної електрометалургії; процесів розливки 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>

<p>кристалізації сталі; процесів позаагрегатного рафінування металів; процесів виробництва вогнетривких, вуглецевих, композиційних, порошкових матеріалів у виконанні інноваційних проєктів для оборонної промисловості в металургійній галузі.</p>	
---	--

<p>– 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.</p>	
---	--

Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «Спеціальні феросплави, модифікатори та лігатури» 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 «Спеціальні феросплави, модифікатори та лігатури», 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. Класифікація та призначення спеціальних модифікаторів та лігатур.

Класифікація модифікаторів. Комплексні модифікатори. Види лігатур. Вимоги, що пред'являються до комплексних сплавів, модифікаторів та лігатур. Вплив спеціальних феросплавів, модифікаторів та лігатур на властивості сталі.

Змістовий модуль 2. Модифікатори для виробництва чавунного та сталевих лиття.

«Чипс»-модифікатори. Комплексний сфероїдізуючий модифікатор для високоміцного чавуну. Удосконалення технології модифікування чавунів з шаровидним графітом Mg-Ni-Fe лігатурою. Модифікування сірого чавуну.

Змістовий модуль 3. Сучасні методи введення модифікаторів у розплав чавуну та сталі.

Метод вистрілювання кулі. Метод блоків, що утоплюються. Обробка кусковими феросплавами. Обробка порошкоподібним дротом. Продування порошкоподібними феросплавами. Модифікування сталі у процесі розливки. Модифікування сталевих зливків та виливків.

Змістовий модуль 4. Лігатури на основі алюмінію, міді та нікелю.

Лігатури на основі алюмінію (Al-Li, Al-Mn, Al-Cr, Al-Sc, Al-Cu, Al-Zr, Al-Ti, Al-Ti-B, Al-Sr, Al-Fe, Al-Ni). Лігатури на основі міді (Cu-Al, Cu-Fe, Cu-Co,

Cu-Cr, Cu-Mg, Cu-Mn, Cu-Ni та інші). Лігатури на основі нікелю (Ni-W, Ni-Mg, Ni-Nb).

Змістовий модуль 5. Лігатури на основі кобальту, свинцю, цинку та магнію.

Лігатури на основі кобальту (Co-Mn, Co-Mo, Co-Nb). Лігатури на основі свинцю (Pb-Sa, Pb-Cu). Лігатури на основі цинку (Zn-Al, Zn-Fe, Zn-Mg, Zn-Ni, Zn-Ti). Лігатури на основі магнію (Mg-Nd, Mg-Zr).

Змістовий модуль 6. Лігатури з ванадієм, молібденом та ніобієм.

Лігатури з ванадієм (V-Al, V-Al-N, V-Al-Ru, V-Al-Fe, Al-V-Ti-C, Al-V-Mn-Ti-C). Лігатури з молібденом (Al-Mo, Mo-V-Cr-Al, Mo-V-Cr-Zr-Al, Al-Mo-Zr-Si, Al-V-Mo-Ti-C, Mo-Zr-Al та інші). Лігатури з ніобієм (Nb-Al, Al-Nb-Si).

Змістовий модуль 7. Комплексні лігатури з кремнієм, хромом та марганцем.

Комплексні сплави та сумішеві модифікатори. Комплексні лігатури з хромом. Комплексні лігатури з кремнієм. Магнієві сплави та лігатури.

Змістовий модуль 8. Модифікатори та лігатури з лужноземельних та рідкоземельних металів.

Властивості лужноземельних металів та їх сполук. Умови силікотермічного відновлення барію, кальцію, магнію та стронцію при виплавці комплексних лігатур. Комплексні сплави Si-Mn-Ca-Cr та Si-Mn-Ca-Al-Cr. Властивості рідкоземельних металів та їх сполук. Комплексна лігатура з рідкоземельними металами, магнієм та кальцієм.

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	15	3	1,5	2	0,5	1	1	12	13,5	2,5	5	7,5
2	15	5	1,5	4	0,5	1	1	10	13,5	2,5	5	7,5
3	15	6	0,5	4	0,5	2	-	9	14,5	2,5	5	7,5
4	15	4	-	2	-	2	-	11	15	2,5	5	7,5
5	15	4	-	2	-	2	-	11	15	2,5	5	7,5
6	15	3	-	2	-	1	-	12	15	2,5	5	7,5
7	15	6	0,5	4	0,5	2	-	9	14,5	2,5	5	7,5
8	15	5	-	4	-	1	-	10	15	2,5	5	
Усього за змістові модулі	120	36	4,5	24	2	12	2	84	116	20	40	60
Підсумковий семестровий контроль залік										20	20	40
Загалом	120										100	

5. Темі лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д.ф.	з/дист.ф.
1	2	3	4
1	Класифікація та призначення спеціальних модифікаторів та лігатур.	2	0,5
2	Модифікатори для виробництва чавунного та сталевих лиття.	4	0,5
3	Сучасні методи введення модифікаторів у розплав чавуну та сталі.	4	0,5
4	Лігатури на основі алюмінію, міді та нікелю.	2	-
5	Лігатури на основі кобальту, свинцю, цинку та магнію.	2	-
6	Лігатури з ванадієм, молібденом та ніобієм.	2	-
7	Комплексні лігатури з кремнієм, хромом та марганцем.	4	0,5
8	Модифікатори та лігатури з лужноземельних і рідкоземельних металів.	4	-
Разом		24	2

6. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д.ф.	з/дист.ф.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1	Основні види лігатур, їх фізико-механічні, експлуатаційні властивості та призначення	1	1
2	Модифікатори для виробництва чавунного та сталевого лиття	1	1
3	Розрахунок шихти для виплавки феромарганцю марки ФМн88 з використанням марганцевої руди родовища Габон	2	-
4	Розрахунок шихти для виплавки феровольфраму	2	-
5	Розрахунок шихти для виплавки феросилікомарганцю марки СМн26	2	-
6	Розрахунок шихти для виплавки феросиліцію марки ФС75	1	-
7	Розрахунок шихтових матеріалів для отримання Fe-Ti	2	-
8	Вплив введення модифікаторів на моделювання процесу кристалізації сталевих зливок	1	-
Разом		12	2

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.	2,5
	Основні види лігатур, їх фізико-механічні, експлуатаційні властивості та призначення	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			7,5
	Тест 2	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 2 (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.	2,5
	Модифікатори для виробництва чавунного та сталевих лиття	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 2	2			7,5

	Тест 3	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 3 (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.	2,5
	Розрахунок шихти для виплавки феромарганцю марки ФМн88 з використанням марганцевої руди родовища Габон	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 3	2			7,5
	Тест 4	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.	2,5
4	Розрахунок шихти для виплавки феровольфраму	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			7,5
	Тест 5	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.	2,5
5	Розрахунок шихти для виплавки феросилікомарганцю марки СМн26	Практичне завдання має бути набране у текстовому редакторі Microsoft Word 2003, 2007, 2010 або	Практичне завдання оцінюється від 0,5 до 5 балів в залежності від повноти розкриття теми	5

		2016 та завантажено у Систему електронного забезпечення навчання ЗНУ Moodle		
Усього за ЗМ 5	2			7,5
	Тест 6	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 1 бал.	2,5
	Розрахунок шихти для виплавки феросиліцію марки ФС75	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 6	2			7,5
	Тест 7	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 7 (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.	2,5
	Розрахунок шихтових матеріалів для отримання Fe-Ti	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 7	2			7,5
	Тест 8	Питання до підготовки за навчальним матеріалом змістового модуля 8 (розділ 3 робочої	Відповідь на 5-ть тестових запитань з п'ятьма варіантами відповіді, одна з яких є правильною. Правильна	2,5

		програми навчальної дисципліни)	відповідь оцінюється у 1 бал.	
	Вплив введення модифікаторів на моделювання процесу кристалізації сталевих зливку	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 8	2			7,5
Усього за змістові модулі	16			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. Розливка сталі та спеціальні модифікатори, лігатури : конспект лекцій для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності «Металургія» освітньо-професійної програми «Металургія». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 156 с.

Додаткова:

1. Забудченко Д. В., Сиваченко В. М., Воденнікова О. С., Воденнікова Л. В1., Мазур Н. М. Дослідження технологічної особливості виробництва феросилікоалюмінію з використанням вторинних та неліквідних матеріалів. *Металургія* : наукові праці Запорізької державної інженерної академії. Запоріжжя : ЗДІА, 2019. Вип. 1 (41). С. 32–37. <https://doi.org/10.26661/2071-3789-2019-1-41-06>

2. Казачков О. І., Мосейко Ю. В., Громак Г. А. Спеціальні феросплави лігатури і модифікатори: навч.-метод. посіб. для студ. спец. 6.05040101 «Металургія чорних металів» всіх форм навчання.

Запоріжжя : ЗДІА, 2013. 112 с.

3. Кривда В. І., Шкляренко О. О. Лігатури на алюмінієвій основі для чавуну та сталі. *Нові матеріали і технології в машинобудуванні-2015 : VII Міжнародна науково-технічна конференція.* 2015. <https://doi.org/10.20535/2519-450x.6.2015.63160>

4. Кропивний В. М., Кузик О. В., Кропивна А. В., Засінець Г. М. Чавун з вермикулярним графітом: навч.посібн.: навч.-метод. комплекс для студентів денної і заочної форм навчання; заг. ред. В.М. Кропивного. Кропивницький : Видавець Лисенко В.Ф., 2019. 222 с.

5. Лисенко Є. І., Воденнікова О. С. Огляд сучасних видів модифікаторів чавуну та сталі. *Молода наука-2022 : збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених Запоріжжя: ЗНУ, 2022. Т. 5 С. 105–106.* URL: <http://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc/582.ukr.html>.

6. Ліхацький І. Ф. Ворон М. М., Михалєнков К. В. Світовий досвід застосування алюмінієвих лігатур та передові українські розробки в цій галузі. *Метал та лиття України.* 2020. №4(323). С. 63–68. <https://doi.org/10.15407/scin15.04.005>

7. Полішко С. О., Кушнір М. А., Татарко Ю. В., Санін А. Ф. Вплив модифікування на характеристики маловуглецевої сталі Ст1кп та колісної КПТ. Наука та прогрес транспорту. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.* 2013. Вип. 3. С. 60–66.

8. Слынько Г. И. Влияние комплексных модификаторов на структуру серых и отбеленных чугунов. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки.* 2018. № 36. С. 67–75.

9. 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. (фахове видання України категорія «Б»). <https://doi.org/10.33815/2313-4763.2019.1.20.162-167>

10. Hanus A., Hanusova P. Continuous Modification of Cast Iron by the FLOTRET Method. *Archives of Foundry Engineering.* 2012. Vol.12.Is.1. pp. 43–48.

11. Hryhoriev S., Shyshkanova G., Kulabnieva O., Ostapenko V., Vodennikova O., Riabenko A., Shumykin S. Melting of resource-saving alloys for precision Ni-Mo alloys: optimization of technical and economic indicators. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy.* 2023. Vol. 58. No4. pp. 772–782. (Scopus) https://journal.uctm.edu/node/j2023-4/JCTM_2023_58_16_22-126_pp772.pdf

12. Ivanova L.Kh., Kolotilo E.V., Maimur Y.S., Mukha D.V. Improving the service properties of cast iron rolls by modifying the melts with rare-earth metals. *Metallurgical and mining industry.* 2012. Vol. 1. No 1. pp. 17–18.

13. Kolotilo E.V., Ivanova L.Kh. Vermicular graphite iron. A promising mill roll material. *Soviet castings technology.* 1989. No 6. P. 3–4.

14. Zych J., Żyrek A. Vermicular cast iron production in the «Inmold»

technology (in the Metalpol casting house) and the assessment of its thermal fatigue resistance. Archives of Foundry Engineering. 2011. Vol.11, Is.3. pp.255–260.

Інформаційні ресурси:

1. Модифікатори. URL: <https://chemz.com.ua/produksiya-ukr/> (дата звернення: 01.03.2021).

2. Лігатура ванадій-алюмінієва ВНАЛ-1 ГОСТ 26473.4. URL: <https://kmicompany.all.biz/uk/ligatura-vanadij-alyuminieva-vnal-1-gost-264734-g3109728> (дата звернення: 01.03.2021).

3. Лігатури алюмінієві. ГОСТ Р 53777-2010. URL: <https://arsenalua.com/directions/Metals/products/BaseMetals/Aluminium/Ligatures/> (дата звернення: 01.03.2021).

4. Лігатури. URL: <https://metallbipc.com/ua/products/ligatury/> (дата звернення: 01.03.2021).

5. Виробництво лігатур тугоплавких та рідкісних металів. URL: <https://metalloytechnologies.com/service/ligatures/> (дата звернення: 01.03.2021).

6. Модифікатори для чавуну і сталі Україна. URL: <https://ua.all.biz/uk/modyfikatory-dlya-chavunu-i-stali-bgg1087636> (дата звернення: 01.03.2021).