

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю. М. ПОТЕБНІ
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, ЕКОЛОГІЇ ТА ТЕХНОГЕННОЇ БЕЗПЕКИ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Директорка Інженерного навчально-наукового інституту ЗНУ ім. Ю. М. Потєбні

Метеленко
(підпис)

Наталія МЕТЕЛЕНКО
(ініціали та прізвище)

« » _____ 2023

Теорія та технологія точної прокатки штаб
(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки магістрів
(назва освітнього ступеня)

денної та заочної форм здобуття освіти
спеціальності 136 Металургія
(шифр, назва спеціальності)

освітньо-професійна програма Обробка металів тиском
(назва)

Укладач Белоконь Ю.О. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(ПБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

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

Протокол № 1 від “29” серпня 2023 р.
Завідувач кафедри МТЕТЬ

Белоконь
(підпис) Юрій БЄЛОКОНЬ
(ініціали, прізвище)

Погоджено
Гарант освітньо-професійної програми

Белоконь
(підпис) Юрій БЄЛОКОНЬ
(ініціали, прізвище)

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

Протокол № 1 від “30” серпня 2023 р.
Голова науково-методичної ради ІННІ ім. Ю. М. Потєбні

Шарапова
(підпис) Тетяна ШАРАПОВА
(ініціали, прізвище)

Погоджено
Відповідальний за секцію «Металургійний профіль»

Воденнікова
(підпис) Оксана ВОДЕННІКОВА
(ініціали, прізвище)

2023 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
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 (шифр і назва)	Кількість кредитів – 4	Обов'язкова	
		Цикл професійної підготовки освітньої програми	
Спеціальність 136 Металургія (шифр і назва)	Загальна кількість годин – 120	Семестр:	
		2 –й	2 –й
Освітньо-професійна програма Обробка металів тиском (назва)	Змістових модулів – 6	Лекції	
		24	10 год.
		Практичні	
		-	-
Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Кількість поточних контрольних заходів – 12	Лабораторні	
		12	4 год.
		Самостійна робота	
		84	106 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: Залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Теорія та технологія точної прокатки штаб» є отримання знання та набуття навичок з обробки металів тиском в галузі розробки способів та обладнання для станів гарячої та холодної прокатки, які забезпечать отримання штаб високої якості поперечного і поздовжнього профілю, формування різнотовщинності штаб, уміння розраховувати товщину штаби.

Завдання вивчення дисципліни «Теорія та технологія точної прокатки штаб» – ознайомлення здобувачів вищої освіти з основними методами точної прокатки листів та штаб, застосовувати отримані знання, уміння і навички для створення режимів деформації, які забезпечать зменшення нерівномірності розподілу технологічних параметрів по ширині і довжині штаби та підвищення якості продукції, набутти вмінь застосування обладнання та усвідомити шляхи вдосконалення виробництва листопрокатної продукції.

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
<p>Загальні компетентності:</p> <p>ЗК1.Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.</p>	<p>Методи:</p> <p>Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми).</p> <p>Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником).</p> <p>Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів).</p> <p>Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації).</p> <p>Проблемно-пошукові методи (репродуктивні).</p> <p>Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Спеціальні (фахові) компетентності:</p> <p>СК3. Здатність забезпечувати якість в металургії.</p> <p>СК4. Здатність аналізувати і вдосконалювати технологічні процеси в металургії.</p>	<p>Методи:</p> <p>Дослідницький (самостійна робота, проекти).</p> <p>Наочні методи (схеми,</p>

<p>СК9. 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> <p>СК11. Здатність застосовувати теоретичні та технологічні навички для дослідження та впровадження технологій обробки металів тиском у виконанні інноваційних проєктів для оборонної промисловості в галузі механічна інженерія.</p>	<p>моделі, алгоритми). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Практичні методи (творчі завдання, контрольні, складання схем і алгоритмів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, створення цікавих ситуацій).</p>
<p>Програмні результати навчання:</p> <p>РН1. Розробляти технологію виробництва на основі розуміння процесів, що відбуваються, з урахуванням особливостей виробництва та визначати оптимальний режим роботи обладнання з урахуванням наявних невизначеностей та ризиків.</p> <p>РН7. Аналізувати енергетичну ефективність технологічних процесів та обладнання, відповідно до спеціалізації, та розробляти заходи з енергозбереження.</p> <p>РН12. Розраховувати витратні показники сировини, матеріалів та енергії, оцінювати вплив на продуктивність агрегату та на якість кінцевого продукту вихідних параметрів з урахуванням технологічних та інших невизначеностей.</p> <p>РН13. Забезпечувати потрібні техніко-економічні показники при керуванні складними металургійними процесами.</p> <p>РН 14. Розуміння теоретичних та технологічних навичок для дослідження та впровадження технологій обробки металів тиском у виконанні інноваційних проєктів для оборонної промисловості в галузі механічна інженерія.</p>	<p>Методи контролю і самоконтролю (усний, письмовий, програмований, лабораторно-практичний). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем.</p>

Міждисциплінарні зв'язки.

Вивчення дисципліни «Теорія та технологія точної прокатки штаб» є логічним продовженням дисциплін «Контроль якості та сертифікація продукції», «Ресурсозберігаючі технології металургії», «Нові матеріали в металургії», «Експериментальні дослідження процесів обробки металів тиском», «Фізичні процеси при пластичній деформації».

Дисципліна «Теорія та технологія точної прокатки штаб» забезпечує подальше засвоєння дисциплін вибіркових дисциплін, підготовку кваліфікаційної роботи магістра та подальшу дослідницьку діяльність в галузі обробки металів тиском та інших галузях науки та техніки.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Визначення товщини штаби (листа) при прокатуванні

Залежність сили прокатки від співвідношення діаметрів робочих і опорних валків. Пружна деформація деталей прокатної кліті під дією сили прокатки. Визначення товщини штаби (листа) при прокатуванні.

Змістовий модуль 2. Вигин і профілювання валків

Величини прогинів опорного і робочого валків і параметри, якими вони визначаються. Робочі валки із заздалегідь виготовленою початковою опуклістю. Нерівномірний розподіл погонних сил між циліндричними опорним і робочим валками.

Змістовий модуль 3. Допустима поздовжня та поперечна різнотовщинність штаби

Форма поперечного профілю штаби (листа). Температурний режим прокатки на неперервному широкоштабовому прокатному стані. Підвищення експлуатаційної стійкості валків.

Змістовий модуль 4. Контактні напруження в осередку деформації та методи їх розрахунку

Аналіз факторів, що впливають на середній питомий тиск в осередку деформації. Контактні напруження в осередку деформації. Розрахунок середнього питомого тиску в осередку деформації методом числового експерименту.

Змістовий модуль 5. Площинність штаб

Неплощинність листової сталі та методи її оцінювання. Схеми хвилястості і коробоватості штаби (листа). Різна щільність рулонів при змотуванні неплоскої штаби.

Змістовий модуль 6. Регулювання профілю штаби та площинності на станах гарячої прокатки

Температурний режим прокатки на ШСГП і температурний клин. Нерівномірність зміни температури по довжині розкату. Коливання натягання. Шляхи розвитку виробництва гарячекатаної штаби.

4. Структура навчальної дисципліни

Номери змістових модулів	Усього годин	Аудиторні (контактні) години						Самостійна робота		Система накопичення балів		
		Усього годин		лекційні заняття		Лабораторні / практичні заняття				теоретичне завдання	практичне завдання	усього
		денна	заочна	денна	заочна	денна	заочна	денна	заочна			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	15	6	3	4	2	2	1	9	12	5	5	10
2	15	6	3	4	2	2	1	9	12	5	5	10
3	15	6	3	4	2	2	1	9	12	5	5	10
4	15	6	3	4	2	2	1	9	12	5	5	10
5	15	6	3	4	2	2	1	9	12	5	5	10
6	15	6	2	4	1	2	1	9	13	5	5	10
Усього за змістові модулі	90	36	16	24	10	12	6	54	74	30	30	60
Підсумковий семестровий контроль - залік	30							30	30	20	20	40
Загалом	120	36	16	24	10	12	6	84	104	50	50	100

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Визначення товщини штаби (листа) при прокатуванні	4	2
2	Вигин і профілювання валків	4	2
3	Допустима поздовжня та поперечна різновтовщинність штаби	4	2
4	Контактні напруження в осередку деформації та методи їх розрахунку	4	2
5	Площинність штаб	4	2
6	Регулювання профілю штаби та площинності на станах гарячої прокатки	4	1
Разом		24	10

6. Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Валки і валкова арматура	2	1
2	Визначення прогину валка	2	1
3	Визначення міжвалкового тиску при прокатуванні штаб	2	1
4	Нерівномірний розподіл тиску між новими циліндричними опорним і робочим валками і штабою	2	1
5	Знаходження сплющеної довжини дуги контакту при холодному прокатуванні	2	1
6	Вимірювання сплющеної дуги контакту по методу Ніколаєва	2	1
Разом		12	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 для підготовки: 1. Чим відрізняється штаба від листа? 2. Причини появи поперечної різнотовщинності штаб (листів)? 3. Чим обумовлена нерівномірність деформації штаб (листів)?	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 1,0 бала.	5
	Лабораторна робота 1	Вимоги до виконання та оформлення: Виконати лабораторну роботу «Валки і валкова арматура». Лабораторна робота у вигляді файлу завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота за змістовим модулем оцінюється від 0,5 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю запитань в роботі.	5
Усього за ЗМ 1	2			10
2	Тест 2	Питання для підготовки: 1. Види нерівномірності тиску між валками і штабою; 2. Яким чином впливають різні фактори на прогин валка? 3. Чим обумовлено збільшення прогину валка зі збільшенням зусилля?	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 1,0 бала.	5
	Лабораторна робота 2	Вимоги до виконання та оформлення: Виконати лабораторну роботу «Визначення прогину валка».	Лабораторна робота за змістовим модулем оцінюється від 0,5 до 5 балів з урахуванням	5

		Лабораторна робота у вигляді файлу завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю запитань в роботі.	
Усього за ЗМ 2	2			10
3	Тест 3	Питання для підготовки: 1. Що таке міжклітинний тиск? 2. Які фактори впливають на характер розподілу $q(y)$? 3. Чим характеризується нерівномірність розподілу $q(y)$? Поясніть причини.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 1,0 бала.	5
	Лабораторна робота 3	Вимоги до виконання та оформлення: Виконати лабораторну роботу «Визначення міжвалкового тиску при прокатуванні штаб». Лабораторна робота у вигляді файлу завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота за змістовим модулем оцінюється від 0,5 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю запитань в роботі.	5
Усього за ЗМ 3	2			10
4	Тест 4	Питання для підготовки: 1. Виконати аналіз формули розподілу міжвалкового тиску. 2. Якими умовами визначаються діаметри робочого і опорного валків? 3. Як і чому нерівномірність розподілу $q(y)$ впливає на поперечну різнотовщинність штаб?	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 1,0 бала.	5
	Лабораторна робота 4	Вимоги до виконання та оформлення: Виконати лабораторну роботу «Нерівномірний	Лабораторна робота за змістовим модулем оцінюється від 0,5 до 5 балів з урахуванням	5

		розподіл тиску між новими циліндричними опорним і робочим валками і штабою». Лабораторна робота у вигляді файлу завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю запитань в роботі.	
Усього за ЗМ 4	2			10
5	Тест 5	Питання для підготовки: 1. При яких контактних напруженнях відбувається сплюснення валків? 2. Які складові сплющеної дуги контакту? 3. Опишіть механізм пружної та пластичної деформації.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 1,0 бала.	5
	Лабораторна робота 5	Вимоги до виконання та оформлення: Виконати лабораторну роботу «Знаходження сплющеної довжини дуги контакту при холодному прокатуванні». Лабораторна робота у вигляді файлу завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	Лабораторна робота за змістовим модулем оцінюється від 0,5 до 5 балів з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю запитань в роботі.	5
Усього за ЗМ 5	2			10
6	Тест 6	Питання для підготовки: 1. Від яких параметрів залежить напруження течії металу? 2. При яких видах прокатки має місце пружна деформація прокатних валків? 3. Які процеси виникають в осередку деформації через пружну деформацію валка?	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється в 1,0 бала.	5
	Лабораторна робота 6	Вимоги до виконання та оформлення: Виконати лабораторну роботу	Лабораторна робота за змістовим модулем оцінюється від 0,5 до 5 балів з	5

		«Вимірювання сплющеної дуги контакту по методу В. О. Ніколаєва». Лабораторна робота у вигляді файлу завантажена на сайт системи Moodle ЗНУ.	урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи. Загальна максимальна сума балів визначається кількістю запитань в роботі.	
Усього за ЗМ 6	2			10
Усього за змістові модулі	12	-	-	60

9. Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
Залік	Тестування	Питання для підготовки: див. питання до ЗМ 1 – 8 у таблиці п.8. Тестування передбачає обмежену у часі (40 хвилин) відповідь на теоретичні питання. У разі дистанційної форми навчання екзамен проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 5. Правильна відповідь оцінюється у 4 бали.	20
	Підсумкове завдання - розв'язання задачі	Кожен екзаменаційний білет містить 1 розрахункову задачу.	За правильне розв'язання задачі студент може отримати до 20 балів, з урахуванням відповідей на запитання при захисті роботи.	20
Усього за підсумковий семестровий контроль				40

10. Рекомендована література

Основна:

1. Проценко В. М. Теорія та технологія точної прокатки штаб : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів ЗДІА, які навчаються за освітньо-професійною програмою «Обробка металів тиском» зі спеціальності 136 «Металургія», рівня вищої освіти «Магістр» денної і заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 40 с.

2. Ніколаєв В. О. Теорія і технологія точної прокатки штаб : навчальний посібник для студентів ЗДІА металургійних спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2017. 100 с.

3. Ніколаєв В. О. Теорія та обладнання точної прокатки штаб : методичні рекомендації до виконання практичних завдань, контрольних і самостійних робіт для студентів ЗДІА напряму 8.0504104 "Обробка металів тиском". Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 52 с.

Додаткова:

1. Серета Б. П., Проценко В. М. Виготовлення спеціальних видів прокату : навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності «Обробка металів тиском». Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 88 с.

2. Мазур В.Л., Ноговицын А.В. Теория и технология тонколистовой прокатки (численный анализ и технические приложения). Днепропетровск : РВА «Дніпро-VAL», 2010. 500 с.

3. Yavtushenko A. V., Protsenko V. M., Bondarenko Y. V., Kirichenko A. G., Ping F. Y. Numerical experiment for the calculation of normal contact stress in the deformation center when rolling a metal strip. *Journal of Engineering Sciences*. Volume 6, Issue 2 (2019). P. E 31–E 35.

4. Проценко В. М. Теорія процесів ОМТ, технологія процесів ОМТ : методичні вказівки до виконання практичних занять, контрольних робіт, курсового проектування і самостійної роботи для студентів ЗДІА спеціальності «Обробка металів тиском» всіх форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 82 с.

5. Проценко В. М. Технологія виготовлення гнутих профілів : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти магістр спеціальності 136 «Металургія» освітніх-професійних програм "Обробка металів тиском". Запоріжжя : ЗНУ, 2023. 104 с.

6. Проценко В. М. Калібровка, обтискне та сортове виробництво : методичні вказівки до практичних занять, курсового проекту (роботи) і самостійної роботи студентів. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 57 с.

7. Проценко В. М. Обтискне та сортове виробництво : методичні вказівки до лабораторних робіт. Запоріжжя : ЗНУ, 2020. 51 с.

8. Белокоп Ю. О., Бондаренко Ю. В., Проценко В. М., Явтушенко А. В., Кругляк Д. О. Вдосконалення технології сортової прокатки дуплексної неіржавкої сталі з метою поліпшення якості прокату. *Металургія* : зб. наук. праць. 2021. № 2. С. 75-79.

9. Sheyko S., Belokon Y., Kripak A., Shalomeev V., Tsyganov V., Kulabneva E. Development of rational chemical composition of special steel with increased mechanical and performance characteristics. *Journal of Chemical Technology & Metallurgy*. 2023. 58 (4). P. 798-805.

10. Sheyko S., Mishchenko V., Belokon Y. Formation of the properties and structure of rolled low-alloyed steel under the hot deformation process. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. 2022. 57 (2). P. 402-406.

11. Yavtushenko A.V., Protsenko V.M., **Belokon' Y.A.**, Bondarenko Y.V. Productivity optimization of cold rolling mills. *Steel in Translation*. 2020. 50. P. 335-339.

Інформаційні ресурси:

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua>.

2. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua>.

3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua>.

4. Бібліотека Придніпровського наукового семінару «Обробка металів тиском» при Національній металургійній академії України : підручники, навчальні посібники, наукові статті. URL: <http://metal-forming.org/index.php/elibrary-omd>.