ПРОЕКТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра технічного сервісу

«Затверджую»

Завідувач кафедри
«Технічний сервіс»
«____»_____2021 р.

_____(В.Б.Тарельник)

Прогресивні технології інженерії поверхні

Спеціальність: ***для аспірантів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»***

Факультет: ***Інженерно-технологічний факультет***

2021 – 2022 навчальний рік

Робоча програма з дисципліни ***«Прогресивні технології інженерії поверхні»*** для аспірантів спеціальності ***133 «Галузеве машинобудування»***.

Розробники: Тарельник В.Б., д.т.н., професор, Кирик Г.В., д.т.н., доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри ***технічного сервісу***.
Протокол від «___»_____2021 року № ___

Завідувач кафедри технічного сервісу _____(_Тарельник В.Б._)

Погоджено:

Гарант освітньої програми _____**(**Є.В. Коноплянченко**)**

Декан факультету _____ (М.Я. Довжик)
на якому викладається дисципліна

Декан факультету _____ (М.Я. Довжик)
до якого належить кафедра

Методист відділу якості освіти, ліцензування та акредитації_____

Зареєстровано в електронній базі: дата: _____

© СНАУ, 2021 рік
© Тарельник В.Б., Кирик Г.В. 2021 рік

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td>Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td>Галузь знань:
13 «Механічна інженерія»</td><td>Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів –</td><td rowspan="6">Напрям підготовки:
Спеціальність:
133 «Галузеве машинобудування»</td><td>Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів:</td><td>2021-2022</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Індивідуальне науково-дослідне завдання:</td><td>Курс</td></tr>
<tr><td>2</td></tr>
<tr><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин - 150</td><td>4-й</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 5
самостійної роботи студента – 10</td><td rowspan="11">Освітньо-науковий рівень
доктор філософії</td><td>Лекції</td></tr>
<tr><td>20 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні</td></tr>
<tr><td>30 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>-</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>100 год.</td></tr>
<tr><td>Індивідуальні завдання:
-</td></tr>
<tr><td>Вид контролю:
іспит</td></tr>
</table>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання - 33/67 (50/100)

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – поглиблення знань щодо фізико-хімічних процесів, механізмів, закономірностей при створенні та нанесенні поверхневих шарів та формуванні властивостей поверхневих шарів..

Завдання - опанувати методики інженерних розрахунків режимів технологічних процесів створення та формування поверхневих шарів.

Результати навчання з дисципліни (РНД)

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент буде здатен продемонструвати:

- знання властивостей, будови поверхневих шарів, процесів на поверхні деталей при формуванні покриття;
- володіння сучасними методами інженерії поверхні і формування покриття;
- знання технологічних методів та технології нанесення поверхневих шарів;
- володіння основними методами контролю якості та властивостей поверхневих шарів;
- уміння обґрунтовувати та обирати метод формування чи нанесення покриття;
- уміння обирати необхідні матеріали покриття та прогнозувати їхні властивості;
- уміння обґрунтовувати необхідне обладнання та призначати основні технологічні режими;
- уміння проводити системний аналіз технологічних процесів формування покриття;
- уміння досліджувати структуру покриття та поверхневих шарів; визначати причини утворення дефектів покриття;
- уміння прогнозувати властивості та виконувати розрахунки на міцність поверхневих шарів.

3. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Вступ. Основні поняття та визначення. Класифікація методів інженерії поверхні. Основні методи обробки та створення поверхневих шарів

1.1 Мета та завдання навчальної дисципліни
1.2 Основні поняття та визначення
1.3 Класифікація методів інженерії поверхні

Тема 2. Процеси вакуумного осадження матеріалів

2.1 Випаровування металів і сплавів
2.2. Розпилення
2.3 Реакційне випаровування і розпилення
2.4 Поверхневі фізико-хімічні процеси
2.5 Структура і властивості покриттів

2.6 Класифікація методів вакуумно-конденсаційного нанесення покриття
2.7 Обладнання для вакуумно-конденсаційного нанесення покриття
2.8 Матеріали для вакуумно-конденсаційного нанесення покриття
2.9 Технологія вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів

Тема 3. Характеристика способів наплавлення та плакування. обробка наплавлених поверхонь

3.1 Характеристика способів наплавлення та плакування
3.2 Підготовка поверхні до наплавлення
3.3 Обробка наплавлених поверхонь

Тема 4. Технології модифікування поверхні концентрованими потоками енергії

4.1 Закономірності лазерного зміцнення та легування
4.2 Модифікування поверхні електронним променем
4.3 Іонна імплантація
4.4 Обробка плазмою
4.5 Комбіновані способи зміцнення з використанням плазми

Тема 5. Технології дифузійного насичення

5.1 Технологічні параметри методів хіміко-термічної обробки (ХТО)
5.2 Структура і властивості покриття після ХТО
5.3 Хімічне осадження. Закономірності осадження
5.4 Структура і властивості газофазних покриттів

Тема 6. Електроіскрове легування.

6.1Критерії ерозійної стійкості матеріалів.
6.2 Закономірності легування. Формування і властивості покриттів.
6.3 Методика формування прироблювальних покриттів на трибоповерхнях деталей роторних машин
6.4 Методологія формування квазібагатошарових покриттів при відновленні відповідальних деталей на етапі реінжинірингу складної техніки

Тема 7. Технології деформаційного зміцнення поверхневих шарів.

7.1 Механізм деформаційного зміцнення
7.2. Поверхневе пластичне деформування
7.3 Безабразивне ультразвукове зміцнення
7.4 Алмазне вигладжування

Тема 8. Методологія проектування технологічних процесів інженерії поверхні

8.1 Задачі та основні етапи створення керованих автоматизованих технологічних процесів
8.2 Засоби автоматичного проектування в інженерії поверхні
8.3 Технології інженерії поверхні інноваційного характеру
8.4 Методологія вибору раціонального варіанту технологічного рішення
8.5 Методи діагностики та контролю функціональних властивостей поверхонь

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 1. Вступ. Основні поняття та визначення. Класифікація методів інженерії поверхні. Основні методи обробки та створення поверхневих шарів	**2**	2	-			-						
Тема 2. Процеси вакуумного осадження матеріалів	**16**	4	2			10						
Тема 3. Характеристика способів наплавлення та плакування. обробка наплавлених поверхонь	**6**	2	4			-						
Тема 4. Технології модифікування поверхні концентрованими потоками енергії	**30**	-	-			30						
Тема 5. Технології дифузійного насичення	**30**	-	-			30						
Тема 6. Електроіскрове легування.	**24**	6	18			-						
Тема 7. Технології деформаційного зміцнення поверхневих шарів.	**22**	2	2			10						
Тема 8. Методологія проектування	**28**	4	4			20						

технологічних процесів інженерії поверхні												
Усього годин	**150**	**20**	**30**	**-**	**-**	**100**						

5. Теми та план лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	**Тема 1. Вступ. Основні поняття та визначення. Класифікація методів інженерії поверхні. Основні методи обробки та створення поверхневих шарів** 1.1 Мета та завдання навчальної дисципліни 1.2 Основні поняття та визначення 1.3 Класифікація методів інженерії поверхні	2
2	**Тема 2. Процеси вакуумного осадження матеріалів** 2.1 Випаровування металів і сплавів 2.2. Розпилення 2.3 Реакційне випаровування і розпилення 2.4 Поверхневі фізико-хімічні процеси 2.5 Структура і властивості покриттів	4
3	**Тема 3. Характеристика способів наплавлення та плакування. обробка наплавлених поверхонь** 3.1 Характеристика способів наплавлення та плакування 3.2 Підготовка поверхні до наплавлення 3.3 Обробка наплавлених поверхонь	2
4	**Тема 6. Електроіскрове легування.** 6.1 Критерії ерозійної стійкості матеріалів. 6.2 Закономірності легування. Формування і властивості покриттів. 6.3 Методика формування прироблювальних покриттів на трибоповерхнях деталей роторних машин 6.4 Методологія формування квазібагатошарових покриттів при відновленні відповідальних деталей на етапі реінжинірингу складної техніки	6
5	**Тема 7. Технології деформаційного зміцнення поверхневих шарів.** 7.1 Механізм деформаційного зміцнення 7.2. Поверхневе пластичне деформування	2
6	**Тема 8. Методологія проектування технологічних процесів інженерії поверхні** 8.3 Технології інженерії поверхні інноваційного характеру 8.4 Методологія вибору раціонального варіанту технологічного рішення	4
	Разом	**20**

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження технологій відновлення поверхонь	4
2	Дослідження характеристик наплавлених поверхонь	2
3	Дослідження процесу алітування	2
4	Дослідження процесу цементації	2
5	Дослідження процесу нітроцементації	4
6	Дослідження процесу сульфідування	2
7	Дослідження процесу сульфоцементації	4
8	Дослідження процесу формування композиційних покриттів	4
9	Дослідження процесу зміцнення повеневого шару при ППД	2
10	Спрямований вибір раціонального варіанту технологічного рішення	4
	Разом	**30**

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	**Тема 2. Процеси вакуумного осадження матеріалів** 2.6 Класифікація методів вакуумно-конденсаційного нанесення покриття 2.7 Обладнання для вакуумно-конденсаційного нанесення покриття 2.8 Матеріали для вакуумно-конденсаційного нанесення покриття 2.9 Технологія вакуумно-конденсаційного нанесення покриттів	10
2	**Тема 4. Технології модифікування поверхні концентрованими потоками енергії** 4.1 Закономірності лазерного зміцнення та легування 4.2 Модифікування поверхні електронним променем 4.3 Іонна імплантація 4.4 Обробка плазмою 4.5 Комбіновані способи зміцнення з використанням плазми	30
3	**Тема 5. Технології дифузійного насичення** 5.1 Технологічні параметри методів хіміко-термічної обробки (ХТО) 5.2 Структура і властивості покриття після ХТО 5.3 Хімічне осадження. Закономірності осадження	30

	5.4 Структура і властивості газофазних покриттів	
4	**Тема 7. Технології деформаційного зміцнення поверхневих шарів.** 7.3 Безабразивне ультразвукове зміцнення 7.4 Алмазне вигладжування	10
5	**Тема 8. Методологія проектування технологічних процесів інженерії поверхні** 8.1 Задачі та основні етапи створення керованих автоматизованих технологічних процесів 8.2 Засоби автоматичного проектування в інженерії поверхні 8.5 Методи діагностики та контролю функціональних властивостей поверхонь	20
	Разом	**100**

8. Методи викладання та навчання, що використовуються у дисципліні

Лекції-дискусії, демонстрація, лабораторна робота, виробничо-практичні дослідження, імітаційні методи навчання (побудовані на імітації майбутньої професійної діяльності).

9. Методи контролю

1. Рейтинговий контроль за 100-бальною шкалою оцінювання ЄКТС
2. Полікритеріальна оцінка поточної роботи зобувача:
- рівень знань, продемонстрований на практичних, лабораторних та семінарських заняттях;
- активність під час обговорення питань, що винесені на заняття;
- результати виконання та захисту лабораторних робіт;
- експрес-контроль під час аудиторних занять;
- самостійне опрацювання теми в цілому чи окремих питань;
- виконання аналітично-розрахункових завдань;
- написання рефератів, есе, звітів;
- результати тестування;
- письмові завдання при проведенні контрольних робіт;
3. Пряме врахування у підсумковій оцінці виконання здобувачем певного індивідуального завдання : - навчально-дослідна робота

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточне тестування та самостійна робота								СРС	Разом за модулі та СРС	Атестація	Сума
Змістовий модуль 1 - 40 балів											
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	**30**	**70 (40+ 30)**	**30**	**100**
5	5	5	5	5	5	5	5				

11. Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	**A**	відмінно	зараховано
82-89	**B**	добре	
75-81	**C**		
69-74	**D**	задовільно	
60-68	**E**		
35-59	**FX**	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	**F**	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

12. Рекомендована література

базова:

1. Selected problems of surface engineering and tribology: Monografie, Studia, Rozprawy, M 85/ V. Tarelnyk, B. Antoszewski, V. Martsynkovskyy, Ie. Konoplianchenko and etc.; edited by B. Antoszewski, V.Tarelnyk - Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, 2016. – 111p.
2. Тарельник В.Б. Управление качеством поверхностных слоев деталей комбинированным электроэрозионным легированием.- Сумы.: МакДен, 2002.-323с.
3. Інженерія поверхні: Підручник. Ющенко К.А., Борисов Ю.С., Кузнецов В.Д., Корж В.М. – К.: Наукова думка, 2007 – 559 с.
4. Кузнецов, В. Д. Фізико-хімічні основи інженерії поверхні [Текст] : Навч. посібник / В. Д. Кузнецов, К. А. Ющенко. - Київ: ВІПОЛ, 2005. - 372 с.

5. Сидоренко, С.И. Материаловедческие основы инженерии поверхности [Текст] / С.И. Сидоренко, В.Д. Кузнецов, В.Н Пащенко. — К.: Наук, думка, 2001. — 230 с.
6. Триботехнічне матеріалознавство та триботехнологія в задачах : навчальний посібник / Тарельник В.Б. – Суми : Університетська книга, 2018.– 191 с.
7. Dearnley, P. (2017). Introduction to Surface Engineering. In Introduction to Surface Engineering. Cambridge: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781139031509
8. Materials and Surface Engineering. Ed.: J. Paulo Davim, In Woodhead Publishing Reviews: Mechanical Engineering Series, , Woodhead Publishing,(2012) https://doi.org/10.1533/9780857096036.1

допоміжна:

1. Burkov, A.A. Wear resistance of electrospark WC- coatings with different iron contents, Journal of Friction and Wear (2016) Volume 37, Issue 4, pp 385-388. https://doi.org/10.3103/S1068366616040048
2. Pliszka I., Radek N., Corrosion Resistance of WC-Cu Coatings Produced by Electrospark Deposition, Procedia Engineering, Vol. 192, 2017, pp. 707-712. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.06.122
3. Xiang Hong, Ke Feng, Ye-fa Tan, Xiao-long Wang, Hua Tan, Effects of process parameters on microstructure and wear resistance of TiN coatings deposited on TC11 titanium alloy by electrospark deposition, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Vol. 27, Issue 8, (2017), pp 1767-1776. https://doi.org/10.1016/S1003-6326(17)60199-7
4. Mindaugas Rukanskis Control of Metal Surface Mechanical and Tribological Characteristics Using Cost Effective Electro-Spark Deposition. Surf. Engin. Appl.Electrochem. 55, 607–619 (2019). https://doi.org/10.3103/S1068375519050107
5. V. B. Tarelnyk, O. P. Gaponova, Ye. V. Konoplianchenko, V. S. Martsynkovskyy, N. V. Tarelnyk, and O. O. Vasylenko, Improvement of Quality of the Surface Electroerosive Alloyed Layers by the Combined Coatings and the Surface Plastic Deformation. I. Features of Formation of the Combined Electroerosive Coatings on Special Steels and Alloys, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, **41**, No. 1: 47–69 (2019) (in Russian), https://doi.org/10.15407/mfint.41.01.0047
6. V. B. Tarelnyk, O. P. Gaponova, Ye. V. Konoplianchenko, V. S. Martsynkovskyy, N. V. Tarelnyk, and O. O. Vasylenko, Improvement of Quality of the Surface Electroerosive Alloyed Layers by the Combined Coatings and the Surface Plastic Deformation. II. The Analysis of a Stressedly-Deformed State of Surface Layer after a Surface Plastic Deformation of Electroerosive Coatings, *Metallofiz. Noveishie Tekhnol.*, **41**, No. 2: 173–192 (2019) (in Russian), https://doi.org/10.15407/mfint.41.02.0173
7. V. B. Tarelnyk, O. P. Gaponova, Ye. V. Konoplianchenko, V. S. Martsynkovskyy, N. V. Tarelnyk, and O. O. Vasylenko, Improvement of Quality of the Surface Electroerosive Alloyed Layers by the Combined Coatings and the

Surface Plastic Deformation. III. The Influence of the Main Technological Parameters on Microgeometry, Structure and Properties of Electrolytic Erosion Coatings*, Metallofiz. Noveishie Tekhnol.,* **41**, No. 3: 313–335 (2019), https://doi.org/10.15407/mfint.41.03.0313

8. O. Gaponova, Cz. Kundera, G. Kirik, V. Tarelnyk, V. Martsynkovskyy, Ie. Konoplianchenko, M. Dovzhyk, A. Belous and O. Vasilenko (2019) Estimating Qualitative Parameters of Aluminized Coating Obtained by Electric Spark Alloying Method. In: Pogrebnjak A. and Novosad V. (eds) Advances in Thin Films, Nanostructured Materials, and Coatings. NAP 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer Nature Singapore Pte Ltd., pp 249-266, https://doi.org/10.1007/978-981-13-6133-3_25
9. Tarel'nik, V.B., Martsinkovskii, V.S., Konoplyanchenko, E.V. et al. Improvement in Babbit Sliding Bearing Quality with Electrospark Alloying. Chem Petrol Eng 54, 598–604 (2018). https://doi.org/10.1007/s10556-018-0521-0
10. Kirik, G.V., Gaponova, O.P., Tarelnyk, V.B. et al. Quality Analysis of Aluminized Surface Layers Produced by Electrospark Deposition. Powder Metall Met Ceram 56, 688–696 (2018). https://doi.org/10.1007/s11106-018-9944-6
11. V. B. Tarel'nyk, O. P. Gaponova, Ye. V. Konoplyanchenko, and M. Ya. Dovzhyk, Investigation of Regularities of the Processes of Formation of Surface Layers with Electroerosive Alloying. Part I, Metallofiz. Noveishie Tekhnol., 38, No. 12: 1611—1633 (2016), https://doi.org/10.15407/mfint.38.12.1611

ДОДАТОК

до робочої програми вибіркової навчальної дисципліни
«Прогресивні технології інженерії поверхні»
Таблиця – Узгодження результатів навчання з дисципліни (ДРН) з програмними результатами навчання (ПРН) ОНП Галузеве машинобудування, спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Результати навчання з дисципліни	Програмні результати навчання					
	ПРН 2	ПРН 9	ПРН 10	ПРН 15	ПРН16	ПРН 20
ДРН 1. Знання властивостей, будови поверхневих шарів, процесів на поверхні деталей при формуванні покриття;			х			
ДРН 2. Володіння сучасними методами інженерії поверхні і формування покриття;	х				х	
ДРН 3. Знання технологічних методів та технології нанесення поверхневих шарів;			х			
ДРН 4. Володіння основними методами контролю якості та властивостей поверхневих шарів;				х	х	
ДРН 5. Уміння обґрунтовувати та обирати метод формування чи нанесення покриття;		х				х
ДРН 6. Здатність обирати необхідні матеріали покриття та прогнозувати їхні властивості;	х					
ДРН 7. Уміння обґрунтовувати необхідне обладнання та призначати основні технологічні режими;		х			х	
ДРН 8. Здатність проводити системний аналіз технологічних процесів формування покриття;		х		х	х	
ДРН 9. Уміння досліджувати структуру покриття та поверхневих шарів; визначати причини утворення дефектів покриття;			х		х	х
ДРН 10. Здатність прогнозувати властивості та виконувати розрахунки на міцність поверхневих шарів.		х		х		