



Зварювання матеріалів у твердій фазі

Робоча програма освітнього компоненту (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський, освітньо-науковий)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Прикладна механіка</i>
Статус освітнього компоненту	<i>вибіркова</i>
Форма навчання	<i>денна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, 1 (осінній) семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150/5 кредитів ЄКТС ; 54 год. – лекції; 18 год. – практичні заняття; 78 – самостійна робота студента</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>іспит/ модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>згідно rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н, професор Квасницький Віктор Вячеславович, kvas69@ukr.net Практичні: асистент Лагодзінський Іван Миколайович</i>
Розміщення курсу	<i>Платформа дистанційного навчання "Google Workspace for Education" https://classroom.google.com/c/NjYOMzEwODA0OTYy</i>

1. Опис освітнього компоненту, мета, предмет вивчення та результати навчання

Майбутньому фахівцю варто вчити саме цю дисципліну, оскільки розуміння можливостей раціонального застосування способів зварювання матеріалів у твердій фазі, як сукупність нових підходів, методів і способів, забезпечує розширення знань та умінь щодо застосування передових технологій отримання нероз'ємних з'єднань із сучасних матеріалів, які володіють незадовільною технологічною здатністю до зварювання плавленням, створення ними високопродуктивних технологій отримання якісних зварних з'єднань як в однорідному, так і в різнорідному сполученні матеріалів, отримання виробів з високими характеристиками якості з урахуванням експлуатаційних вимог, опанування основ створення інноваційних технологій, що надасть випускникам переваги на ринку праці.

Метою викладання освітнього компоненту є надання студентам розширених знань щодо методології проектування технологічних процесів із застосуванням способів зварювання матеріалів у твердій фазі, закономірностей формування структурного та фазового складу, напружено-деформованого стану отриманих з'єднань з матеріалів, що володіють незадовільною технологічною здатністю до зварювання плавленням, особливостей технологій з'єднання залежно від властивостей матеріалів, функціонального призначення та експлуатаційних вимог до виробів, а також набуття навичок практичного використання одержаних знань.

Предмет освітнього компоненту – зварні з'єднання та конструкції отримані способами зварювання матеріалів у твердій фазі, процеси їх конструювання та виготовлення.

Відповідно до освітньої програми студенти після засвоєння дисципліни підсилюють компетентності і деталізують результати навчання:

Загальні компетентності:

ЗК 1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.

ЗК 3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК 8. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Фахові компетентності:

ФК 1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.

ФК 2. Здатність описати, класифікувати та змодельовувати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.

ФК 5. Здатність планувати і виконувати експериментальні й теоретичні дослідження з прикладної механіки та дотичних міждисциплінарних проблем, опрацьовувати і узагальнювати результати досліджень.

ФК 6. Здатність використовувати досягнення науки та передових технологій у галузі сучасних технологічних машин і обладнання, процесів їх проектування та виробництва, підвищення їх якості, автоматизації технологічних процесів; застосування комп'ютерних технологій.

ФК 7. Здатність застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування.

ФК 8. Здатність застосовувати відповідні математичні, наукові і технічні методи, інформаційні технології та прикладне комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення інженерних і наукових завдань з прикладної механіки.

ФК 9. Здатність критичного аналізу та прогнозування параметрів працездатності нових та існуючих механічних конструкцій, машин, матеріалів і виробничих процесів машинобудування на основі знання та використання сучасних аналітичних та/або комп'ютеризованих методів і методик.

Результати навчання освітнього компонента деталізують такі програмні результати навчання, передбачені освітньою програмою «*Прикладна механіка*»:

РН 1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань.

РН 2. Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення.

РН 4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації;

РН 5. Самостійно ставити та розв'язувати задачі інноваційного характеру, аргументувати і захищати отримані результати та прийняті рішення.

РН 7. Зрозуміло і недвозначно презентувати результати досліджень та проектів, доносити власні висновки, аргументи та пояснення державною та іноземною мовами усно і письмово колегам, здобувачам освіти та представникам інших професійних груп різного рівня.

РН 8. Вчитися і оволодівати сучасними знаннями, технологіями, інструментами і методами, зокрема через самостійне опрацювання фахової літератури, участь у науково-технічних та освітніх заходах.

РН 10 Вести пошук необхідної інформації в науково-технічній літературі, електронних базах та інших джерелах, засвоювати, оцінювати та аналізувати цю інформацію.

PH 11. Планувати і виконувати експериментальні і теоретичні дослідження у сфері прикладної механіки, аналізувати їх результати, обґрунтовувати висновки.

PH 14. Застосовувати фундаментальні та прикладні знання та вміння в галузі інноваційних технологій машинобудування.

PH 15. Проводити експериментальні і комп'ютерні дослідження із застосуванням методів планування експерименту і математичного моделювання.

2. Пререквізити та постреквізити освітнього компоненту (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння матеріалу дисципліни необхідні знання, які студенти одержали на попередніх курсах навчання, згідно програми професійної підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Знання, які одержані під час вивчення освітнього компоненту, можуть бути корисними при опануванні наступних курсів за навчальними планами підготовки магістрів: ПО 7. Науково-дослідна практика; ПО 8. Виконання магістерської дисертації.

3. Зміст освітнього компоненту

Вступ.

Зміст, сутність, призначення та завдання вивчення дисципліни. Її зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану.

Розділ 1. Аналіз процесів отримання з'єднань зварюванням у твердій фазі.

Тема 1.1. Взаємодія речовин.

Тема 1.2. Утворення з'єднань при зварюванні матеріалів у твердій фазі.

Тема 1.3. Утворення фізичного контакту поверхонь при зварюванні матеріалів у твердій фазі.

Тема 1.4. Аналіз дислокаційного механізму активації поверхонь.

Тема 1.5. Електронний механізм утворення з'єднань при зварюванні матеріалів у твердій фазі.

Тема 1.6. Узагальнена схема утворення з'єднань при зварюванні матеріалів у твердій фазі.

Розділ 2. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з середньоінтенсивною силовою дією.

Тема 2.1. Холодне зварювання.

Тема 2.2. Технологія холодного зварювання.

Тема 2.3. Ультразвукове зварювання.

Тема 2.4. Зварювальне устаткування. Застосування ультразвукового зварювання.

Тема 2.5. Зварювання тертям.

Тема 2.6. Формування структури зварного з'єднання при зварюванні тертям.

Тема 2.7. Високочастотне зварювання.

Тема 2.8. Технологія високочастотного зварювання.

Розділ 3. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з високоінтенсивною силовою дією.

Тема 3.1. Зварювання вибухом.

Тема 3.2. Технологія зварювання вибухом.

Тема 3.3. Магнітно-імпульсне зварювання.

Розділ 4. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з низькоінтенсивною силовою дією.

Тема 4.1. Дифузійне зварювання.

Тема 4.2. Технологія дифузійного зварювання у вакуумі.

Тема 4.3. Технологія дифузійного зварювання з прошарками.

Тема 4.4. Керування напружено-деформованим станом при дифузійному зварюванні.

Тема 4.5. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні з урахуванням миттєвої пластичності матеріалів.

Тема 4.6. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні з урахуванням деформацій повзучості матеріалів.

Тема 4.7. Устаткування для дифузійного зварювання.

Тема 4.8. Зварювання прокатуванням.

Тема 4.9. Інші способи зварювання матеріалів у твердій фазі.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. І. В. Кривцун. Спеціальні способи зварювання [Текст] : підручник / І.В. Кривцун, В.В. Квасницький [та ін.] ; ред. Б. Є. Патон. - Миколаїв : НУК, 2017. - 348 с. - ISBN 978-966-321-321-7.
2. В.В. Квасницький. Спеціальні способи зварювання [Текст]: Навчальний посібник з грифом МОН України (лист №14/18.2-967 від 10.05.2002 р.), Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 437 с. - ISBN 5-87848-096-4.
3. Напруження та деформації при зварюванні і паянні: Підручник / Л.М. Лобанов, Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, Г.В. Єгоров, А.В. Лабарткава; за загальною редакцією Л.М. Лобанова. – Миколаїв: НУК, 2016, - 248 с.

Додаткова література

1. В.В. Квасницький, М.В. Матвієнко, Є.А. Бутурля, В.Ф. Квасницький, Г.В. Єрмолаєв. Напружено-деформований стан зварних і паяних вузлів із різнорідних матеріалів з м'яким прошарком при температурно-силовому навантаженні / Автоматичне зварювання. – 2019. – № 8. – С. 10 – 15.
2. Г.В. Єрмолаєв, В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Чигарьов. Паяння матеріалів : підручник / Г. В. Єрмолаєв, В. В. Квасницький, В. Ф. Квасницький, С. В. Макси , В. Ф. Хорунов, В. В. Чигарьов; за загальною редакцією В. Ф. Хорунова і В. Ф. Квасницького.– Миколаїв : НУК, 2015. – 340 с. ISBN 978–966–321–307–1.
3. В. В. Квасницький, В. Ф. Квасницький, Chen Hexiong, М. В. Матвієнко, Г. В. Єрмолаєв. Дифузійне зварювання та паяння різнорідних матеріалів з керованим напружено-деформованим станом / «Автоматичне зварювання», № 11-12, 2018, с. 78-85.
4. Krivtsun, I., Kvasnytskyi, V., Korzhyk, V. Solid-state welding, Book Chapter / Welding of Metallic Materials: Methods, Metallurgy, and Performance, 2023, p. 149–195.
5. М.В. Юрженко, М.Г. Кораб, Р.В. Колісник, О.П. Масючок, А.В. Андреев, В.С. Петропольський. Зварювання термопластичних полімерних композитів в авіаційній промисловості (Огляд) / Автоматичне зварювання, № 4, 2020, с. 34-40.
6. І.В. Зяхор, М.С. Завертанний, А.М. Левчук, Л.М. Капітанчук. Особливості формування з'єднань різнойменних жароміцних нікелевих сплавів при зварюванні тертям / Автоматичне зварювання, № 8, 2020, с. 38-44.
7. М. Шинлов. Розробки в галузі електротермії / Автоматичне зварювання, № 6, 2022, с. 53-58.
8. Бризгалін А.Г., Пекар Є.Д., Шльонський П.С., Царенко Л.В. Підвищення службових властивостей металоконструкцій обробкою вибухом / Автоматичне зварювання, № 8, 2020, с. 32-38.
9. Шльонський П.С. Зварювання вибухом мідно-алюмінієвих труб за «зворотною схемою» / Автоматичне зварювання, № 8, 2020, с. 51-54.
10. М.А. Полещук, І.В. Матвеев, В.О. Бовкун, Л.І. Адеєва, А.Ю. Тунік. Використання магнітно-імпульсного зварювання для з'єднання пластин з однорідних та різнорідних сплавів / Автоматичне зварювання, № 8, 2020, с. 45-49.
11. Ю.В. Фальченко, Л.В. Петрушинець, Є.В. Половецький. Особливості отримання біметалевих тонколистових з'єднань Al–Ti методом дифузійного зварювання у вакуумі / Автоматичне зварювання, № 8, 2020, с. 27-31.
12. Піскун Н.В., Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В., Устінов А.І., Мельніченко Т.В., Статкевич І.І. Формування структури та механічних властивостей з'єднань з інтерметалідного сплаву TiAlNb при дифузійному зварюванні / Автоматичне зварювання, № 2, 2020, с. 3-11.

13. Фальченко Ю.В., Петрушинець Л.В., Мельниченко Т.В., Устинов А.І., Федорчук В.Є. Дифузійне зварювання у вакуумі інтерметаліда γ -TiAl з жароміцним нікелевим сплавом з використанням нанопрошарків Al/Ni / Автоматичне зварювання. — 2019. — № 10. — С. 54-61.

Зазначені джерела є у вільному доступі у бібліотеці КРІ та інтернеті.

Наведені джерела повністю відображають зміст вказаних для вивчення тем.

Інформаційні ресурси

1. <https://zv.kpi.ua> (сайт кафедри зварювального виробництва)
2. login.kpi.ua (сайт КАМПУС'у)
3. library.kpi.ua (сайт науково – технічної бібліотеки КРІ ім. Ігоря Сікорського)

Навчальний контент

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Таблиця. 1. Структура викладання освітнього компоненту

Найменування розділів, тем	Кількість годин				
	Всього	У тому числі			
		Лекц.	Прак.	Лаб.	СРС
1	2	3	4	5	6
ВСТУП					
Зміст, сутність, призначення та завдання вивчення дисципліни. Її зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану.	1	1	-	-	-
Розділ 1. Аналіз процесів отримання з'єднань зварюванням матеріалів в твердій фазі.					
Тема 1.1. Взаємодія речовин.	1	1	-	-	-
Тема 1.2. Утворення з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.	3	2	-	-	1
Тема 1.3. Утворення фізичного контакту поверхонь при зварюванні матеріалів в твердій фазі.	6	2	2	-	2
Тема 1.4. Аналіз дислокаційного механізму активації поверхонь.	6	2	2	-	2
Тема 1.5. Електронний механізм утворення з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.	3	2	-	-	1
Тема 1.6. Узагальнена схема утворення з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.	3	2	-	-	1
Розділ 2. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з середньоінтенсивною силовою дією.					
Тема 2.1. Холодне зварювання.	3	2	-	-	1
Тема 2.2. Технологія холодного зварювання.	7	2	2	-	3
Тема 2.3. Ультразвукове зварювання.	3	2	-	-	1
Тема 2.4. Зварювальне устаткування. Застосування ультразвукового зварювання.	3	2	-	-	1
Тема 2.5. Зварювання тертям.	3	2	-	-	1
Тема 2.6. Формування структури зварного з'єднання при зварюванні тертям.	3	2	-	-	1
Тема 2.7. Високочастотне зварювання.	7	2	2	-	3
Тема 2.8. Технологія високочастотного зварювання.	3	2	-	-	1

Розділ 3. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з високоінтенсивною силовою дією.					
Тема 3.1. Зварювання вибухом.	7	2	2	-	3
Тема 3.2. Технологія зварювання вибухом.	3	2	-	-	1
Тема 3.3. Магнітно-імпульсне зварювання.	3	2	-	-	1
Розділ 4. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з низькоінтенсивною силовою дією.					
Тема 4.1. Дифузійне зварювання.	3	2	-	-	1
Тема 4.2. Технологія дифузійного зварювання у вакуумі.	11	2	4	-	5
Тема 4.3. Технологія дифузійного зварювання з прошарками.	8	2	2	-	4
Тема 4.4. Керування напружено-деформованим станом при дифузійному зварюванні.	3	2	-	-	1
Тема 4.5. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні з урахуванням миттєвої пластичності матеріалів.	3	2	-	-	1
Тема 4.6. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні з урахуванням деформацій повзучості матеріалів.	3	2	-	-	1
Тема 4.7. Устаткування для дифузійного зварювання.	8	2	2	-	4
Тема 4.8. Зварювання прокатуванням.	3	2	-	-	1
Тема 4.9. Інші способи зварювання матеріалів у твердій фазі.	3	2	-	-	1
Модульна контрольна робота	7	2	-	-	5
Іспит	30	-	-	-	30
Всього	150	54	18	-	78

5.1 Лекційні заняття.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>ВСТУП</p> <p>Зміст, призначення та завдання вивчення дисципліни. Її зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану.</p> <p>Розділ 1. Аналіз процесів отримання з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.</p> <p>Тема 1.1. Взаємодія речовин.</p> <p>Зміна потенціальної енергії атомів в процесі взаємодії, поверхнева взаємодія, взаємодія з оточуючим середовищем, час утворення мономолекулярного шару оксиду, кінетика закріплення кисню.</p> <p>Література: базова - [2] стор. 50 – 58.</p> <p>Завдання на СРС: Зміна потенціальної енергії атомів.</p> <p>Література базова - [2] стор. 51 – 52.</p>
2	<p>Тема 1.2. Утворення з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.</p> <p>Стадії утворення нероз'ємних з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі. Аналіз взаємодії між металами. Видалення оксидів з поверхні заготовок. Хімічна активація поверхонь з'єднання. Аналіз взаємодії металів з неметалами.</p> <p>Література базова - [2] стор. 61 – 73.</p> <p>Завдання на СРС: Хімічна активація поверхонь з'єднання.</p> <p>Література додаткова – [1]; [2] стор. 103 – 109.</p>
3	<p>Тема 1.3. Утворення фізичного контакту поверхонь при зварюванні матеріалів в твердій фазі.</p>

	<p>Зближення поверхонь, визначення фізичної площі контакту, повзучість та її роль в формуванні фізичного контакту, визначення часу утворення фізичного контакту.</p> <p>Література: базова - [2] стор. 73 – 80.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Формування фізичного контакту при зварюванні матеріалів в твердій фазі.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [3]</p>
4	<p>Тема 1.4. Аналіз дислокаційного механізму активації поверхонь.</p> <p>Сутність і особливості перебігу дислокаційної активації поверхонь з'єднання, роль процесів об'ємної взаємодії, дифузії та рекристалізаційних процесів, діаграми рекристалізації, міграція границь зерен.</p> <p>Література: базова - [2] стор. 80 – 86, 103 – 108;</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Дислокації та їх рух.</p> <p><i>Література базова</i> - [2] стор. 33 – 42.</p>
5	<p>Тема 1.5. Електронний механізм утворення з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.</p> <p>Утворення з'єднань на електронному рівні, конфігураційна модель твердого тіла. Вплив температури на формування з'єднань.</p> <p>Література: базова - [2] стор. 108 – 113.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Стабільність електронних конфігурацій.</p> <p><i>Література базова</i> - [2] стор. 15 – 18.</p>
6	<p>Тема 1.6. Узагальнена схема утворення з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі.</p> <p>Узагальнена схема формування з'єднань, способи активації поверхонь при зварюванні матеріалів в твердій фазі. Вплив часу, температури, величини тиску, середовища на формування з'єднань, класифікація способів зварювання матеріалів у твердій фазі за інтенсивністю силової дії, механізми масопереносу.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 9 – 19; [2] стор. 113 – 122.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Масоперенесення, процеси дифузії.</p> <p><i>Література базова</i> - [1] стор. 121 – 124.</p>
7	<p>Розділ 2. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з середньоінтенсивною силовою дією.</p> <p>Тема 2.1. Холодне зварювання.</p> <p>Сутність холодного зварювання, типи з'єднань, схеми зварювання стрижнів та пластин, критична деформація, зварювання зсувом.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 19 – 26; [2] стор. 123 – 131.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Формування з'єднань та сфери застосування холодного зварювання.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [4]</p>
8	<p>Тема 2.2. Технологія холодного зварювання.</p> <p>Основні технологічні параметри процесу холодного зварювання, зварювальне устаткування та сфери застосування способу.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 26 – 34; [2] стор. 131 – 143.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> Устаткування для холодного зварювання.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [4]</p>
9	<p>Тема 2.3. Ультразвукове зварювання.</p> <p>Сутність та особливості ультразвукового зварювання, схеми процесу, вплив основних технологічних параметрів на формування з'єднань, технологія зварювання.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 35 – 44; [2] стор. 144 – 157.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Зварювання термопластичних полімерних композитів в авіаційній промисловості.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [5]</p>
10	<p>Тема 2.4. Зварювальне устаткування. Застосування ультразвукового зварювання.</p> <p>Класифікація обладнання для зварювання, магніострикційний ефект та перетворювачі ультразвукових коливань, схеми установок. Особливості та сфери застосування ультразвукового зварювання.</p>

	<p>Література: базова - [1] стор. 45 – 53; [2] стор. 157 – 169.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Технологія та обладнання для електронно-променевого зварювання сплавів на основі титану.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [4]</p>
11	<p>Тема 2.5. Зварювання тертям.</p> <p>Сутність та особливості зварювання тертям, класифікація способів, схеми процесів, форми зварних з'єднань. Конвенційне та інерційне зварювання тертям. Формування структури зварного з'єднання.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 53 – 63; [2] стор. 169 – 182.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Аналіз зміни температури в часі при зварюванні тертям.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [6]</p>
12	<p>Тема 2.6. Формування структури зварного з'єднання при зварюванні тертям.</p> <p>Особливості структури та формоутворення зварного з'єднання, технологія зварювання тертям з перемішуванням. Структура та схеми обладнання для зварювання тертям. Сфери застосування способів зварювання тертям.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 63 – 77; [2] стор. 183 – 199.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Структурна будова зварних з'єднань нікелевих сплавів при зварюванні тертям.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [6]</p>
13	<p>Тема 2.7. Високочастотне зварювання.</p> <p>Основні визначення та сутність способу. Поверхневий ефект та ефект близькості. Контактне підведення електричного струму. Індукційне нагрівання.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 78 – 84; [2] стор. 200 – 207.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Особливості індукційного нагрівання трубних заготовок.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [7]</p>
14	<p>Тема 2.8. Технологія високочастотного зварювання.</p> <p>Основні технологічні параметри високочастотного зварювання та їх вплив на формування зварних з'єднань. Зварювальне устаткування та сфери застосування способу.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 85 – 95; [2] стор. 207 – 221.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Устаткування для високочастотного зварювання труб.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [7]</p>
15	<p>Розділ 3. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з високоінтенсивною силовою дією.</p> <p>Тема 3.1. Зварювання вибухом.</p> <p>Визначення, сутність способу, основні схеми реалізації зварювання вибухом. Зварювання електричним вибухом провідника. Вибухові речовини та регулювання швидкості детонації вибухових речовин.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 95 – 100; [2] стор. 221 – 228.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Підвищення службових властивостей металоконструкцій обробкою вибухом.</p> <p><i>Література додаткова</i> – [8]</p>
16	<p>Тема 3.2. Технологія зварювання вибухом.</p> <p>Взаємозв'язок між формою зварного з'єднання та властивостями. Граничні умови отримання якісного зварного з'єднання. Устаткування та сфери застосування зварювання вибухом.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 100 – 105; [2] стор. 228 – 236.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Зварювання вибухом мідно-алюмінієвих труб за «зворотною схемою».</p> <p><i>Література додаткова</i> – [9]</p>
17	<p>Тема 3.3. Магнітно-імпульсне зварювання.</p> <p>Основні визначення та сутність способу. Схеми реалізації магнітно-імпульсного зварювання. Обладнання та сфери застосування.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 105 – 109; [2] стор. 237 – 242.</p>

	<p><u>Завдання на СРС.</u> Використання магнітно-імпульсного зварювання для з'єднання пластин з однорідних та різнорідних сплавів.</p> <p><i>Література додаткова – [10]</i></p>
18	<p>Розділ 4. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з низькоінтенсивною силовою дією.</p> <p>Тема 4.1. Дифузійне зварювання.</p> <p>Основні визначення та сутність способу дифузійного зварювання. Основні параметри процесу. Схеми реалізації дифузійного зварювання.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 111 – 113, 131 – 133; [2] стор. 242 – 245.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Особливості отримання біметалевих тонколистових з'єднань Al–Ti методом дифузійного зварювання у вакуумі.</p> <p><i>Література додаткова – [11]</i></p>
19	<p>Тема 4.2. Технологія дифузійного зварювання у вакуумі.</p> <p>Дифузійне зварювання за традиційною схемою. Вплив параметрів процесу на властивості зварних з'єднань.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 134 – 139; [2] стор. 245 – 253.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Формування структури та механічних властивостей з'єднань з інтерметалідного сплаву TiAlNb при дифузійному зварюванні.</p> <p><i>Література додаткова – [12]</i></p>
20	<p>Тема 4.3. Технологія дифузійного зварювання з прошарками.</p> <p>Роль прошарків при дифузійному зварюванні, їх склад. Схема деформації стрижнів з прошарками.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 139 – 144; [2] стор. 253 – 256.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Дифузійне зварювання у вакуумі інтерметаліда γ-TiAl з жароміцним нікелевим сплавом з використанням нанопрошарків Al/Ni.</p> <p><i>Література додаткова – [13]</i></p>
21	<p>Тема 4.4. Керування напружено-деформованим станом при дифузійному зварюванні.</p> <p>Дифузійне зварювання з керованим напружено-деформованим станом. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні, моделювання напружень вузла втулка-фланець у пружному стані.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 144 – 156.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Керування напружено-деформованим станом при дифузійному зварюванні.</p> <p><i>Література додаткова – [3]</i></p>
22	<p>Тема 4.5. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні з урахуванням миттєвої пластичності матеріалів.</p> <p>Моделювання напружено-деформованого стану вузла втулка-фланець при дифузійному зварюванні з урахуванням миттєвої пластичності матеріалів.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 156 – 162.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Напружено-деформований стан зварних і паяних вузлів із різнорідних матеріалів з м'яким прошарком при температурно-силовому навантаженні.</p> <p><i>Література додаткова – [14]</i></p>
23	<p>Тема 4.6. Моделювання напружено-деформованого стану при дифузійному зварюванні з урахуванням деформацій повзучості матеріалів.</p> <p>Моделювання напружено-деформованого стану вузла втулка-фланець при дифузійному зварюванні з урахуванням деформації повзучості матеріалів.</p> <p>Література: базова - [1] стор. 162 – 170.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Вплив м'якого прошарку на формування напружено-деформованого стану при осьовому навантаженні.</p>
24	<p>Тема 4.7. Устаткування для дифузійного зварювання.</p> <p>Склад та будова установок для дифузійного зварювання. Сфери застосування процесу дифузійного зварювання.</p>

	Література: базова - [1] стор. 170, 177 – 183; [2] стор. 256 – 260, 270 – 277. <u>Завдання на СРС.</u> Обладнання для дифузійного зварювання, параметри процесу. <i>Література додаткова</i> – [3, 11 – 14]
25	Тема 4.8. Зварювання прокатуванням. Основні визначення, сутність та схеми зварювання прокатуванням. Вплив технологічних параметрів процесу на формування з'єднань. Література: базова - [1] стор. 183 – 187; [2] стор. 277 – 283. <u>Завдання на СРС.</u> Тліючий розряд як джерело нагріву при зварюванні матеріалів в твердій фазі.
26	Тема 4.9. Інші способи зварювання матеріалів у твердій фазі. Основні визначення, сутність процесів та основні технологічні параметри інших спеціальних способів зварювання матеріалів у твердій фазі. Схема зварювання труб магнітокерованою електричною дугою. Особливості застосування спеціальних способів зварювання матеріалів у твердій фазі. Література: базова - [1] стор. 187 – 192; [2] стор. 283 – 284. <u>Завдання на СРС.</u> Зварювання матеріалів у твердій фазі композитів.
27	Модульна контрольна робота

5.2. Практичні заняття.

Цикл практичних занять має ціллю практичного закріплення головних тем освітнього компоненту, які засвоєні в результаті вивчення теоретичного матеріалу. Враховуючи, що головним завданням дисципліни є надання знань і умінь розробки спеціальних способів зварювання матеріалів у твердій фазі, конструкцій елементів обладнання та технологічного оснащення, набуття досвіду проектування технологічних процесів та обладнання, практичні аудиторні заняття присвячені досягненню встановлених цілей під керівництвом викладача.

Іншим завданням занять є надбання уміння конструювання та розрахунку, захисту розробок, для чого найбільш вдалі та працездатні рішення, які створені студентами, піддаються аналізу на патентну чистоту з метою оформлення заявки у відповідну інстанцію для оформлення документу щодо права інтелектуальної власності (патенту на винахід або корисну модель).

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу)
1	Тема 1.3. Утворення фізичного контакту поверхонь при зварюванні матеріалів в твердій фазі. Заняття 1. Вплив процесів повзучості на формування з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі, визначення швидкості повзучості. Література базова - [1] стор. 112 – 116; [2] стор. 74 – 80. <i>Література додаткова</i> – [4]
2	Тема 1.4. Аналіз дислокаційного механізму активації поверхонь. Заняття 2. Рекристалізація, вплив деформації та температури на розвиток рекристалізаційних процесів. Література базова - [1] стор. 124 – 131; [2] стор. 99 – 108. <i>Література додаткова</i> – [7]
3	Тема 2.2. Технологія холодного зварювання. Заняття 3. Визначення необхідного тиску при формуванні з'єднань холодним зварюванням. Література базова - [1] стор. 26 – 28; [2] стор. 131 – 134. <i>Література додаткова</i> – [9, 10]
4	Тема 2.7. Високочастотне зварювання.

	<p>Заняття 4. Поверхневий ефект, розрахунок глибини проникнення струму при високочастотній обробці. Література базова - [1] стор. 78 – 81; [2] стор. 200 – 203.</p>
5	<p>Тема 3.1. Зварювання вибухом. Заняття 5. Визначення умов хвилеутворення при формуванні зварних з'єднань при зварюванні вибухом. Вибухові речовини та регулювання швидкості детонації вибухових речовин. Література: базова - [1] стор. 99 – 102; [2] стор. 229 – 231.</p>
6	<p>Тема 4.2. Технологія дифузійного зварювання у вакуумі. Заняття 6. Розрахунок розподілу напружень для тришарового скомпенсованого дифузійнозварного з'єднання. Література: базова - [3] стор. 175 – 183.</p>
7	<p>Заняття 7. Розрахунок розподілу напружень для двошарового некомпенсованого дифузійнозварного з'єднання. Розрахунок розподілу напружень для двошарової втулки отриманої дифузійним зварюванням. Література: базова - [3] стор. 175 – 183, 208 – 211.</p>
8	<p>Тема 4.3. Технологія дифузійного зварювання з прошарками. Заняття 8. Схема деформації стрижнів з прошарками. Визначення жорсткості напруженого стану. Література: базова - [1] стор. 139 – 142.</p>
9	<p>Тема 4.7. Устаткування для дифузійного зварювання. Заняття 9. Склад та структура, технологічні параметри установок УДСВ-ДТ, ВВУ-1 та ВВУ-КПІ. Література: базова - [1] стор. 170 – 181.</p>

5.3. Лабораторні заняття.

Лабораторні заняття не передбачено робочим навчальним планом.

6. Самостійна робота студента.

Самостійна робота (78 год) студента полягає у підготовці до лекційних (25 год.), практичних (18 год.), підготовки до модульної контрольної роботи (5 год.) шляхом опрацювання рекомендованої літератури і підготовці відповідей на контрольні запитання для лекцій і практичних занять, а також у підготовці до іспиту (30 год.).

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	<p>Розділ 1. Аналіз процесів отримання з'єднань при зварюванні матеріалів в твердій фазі. <u>Завдання 1 на СРС:</u> Зміна потенціальної енергії атомів. Література базова - [2] стор. 51 – 52. <u>Завдання 2 на СРС:</u> Хімічна активація поверхонь з'єднання. Література додаткова – [1]; [2] стор. 103 – 109. <u>Завдання 3 на СРС:</u> Формування фізичного контакту при зварюванні матеріалів в твердій фазі. Література додаткова – [3]. <u>Завдання 4 на СРС:</u> Дислокації та їх рух. Література базова - [2] стор. 33 – 42. <u>Завдання 5 на СРС:</u> Стабільність електронних конфігурацій. Література базова - [2] стор. 15 – 18.</p>	7

	<p><u>Завдання 6 на СРС:</u> Масоперенесення, процеси дифузії. <i>Література базова</i> - [1] стор. 121 – 124.</p>	
2	<p>Розділ 2. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з середньоінтенсивною силовою дією. <u>Завдання 1 на СРС:</u> Формування з'єднань та сфери застосування холодного зварювання. <i>Література додаткова</i> – [4]. <u>Завдання 2 на СРС:</u> Устаткування для холодного зварювання. <i>Література додаткова</i> – [4]. <u>Завдання 3 на СРС:</u> Зварювання термопластичних полімерних композитів в авіаційній промисловості. <i>Література додаткова</i> – [5]. <u>Завдання 4 на СРС:</u> Технологія та обладнання для електронно-променевого зварювання сплавів на основі титану. <i>Література додаткова</i> – [4]. <u>Завдання 5 на СРС:</u> Аналіз зміни температури в часі при зварюванні тертям. <i>Література додаткова</i> – [6]. <u>Завдання 6 на СРС:</u> Структурна будова зварних з'єднань нікелевих сплавів при зварюванні тертям. <i>Література додаткова</i> – [6]. <u>Завдання 7 на СРС:</u> Особливості індукційного нагрівання трубних заготовок. <i>Література додаткова</i> – [7]. <u>Завдання 8 на СРС:</u> Устаткування для високочастотного зварювання труб. <i>Література додаткова</i> – [7].</p>	12
3	<p>Розділ 3. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з високоінтенсивною силовою дією. <u>Завдання 1 на СРС:</u> Підвищення службових властивостей металоконструкцій обробкою вибухом. <i>Література додаткова</i> – [8]. <u>Завдання 2 на СРС:</u> Зварювання вибухом мідно-алюмінієвих труб за «зворотною схемою». <i>Література додаткова</i> – [9]. <u>Завдання 3 на СРС:</u> Використання магнітно-імпульсного зварювання для з'єднання пластин з однорідних та різнорідних сплавів. <i>Література додаткова</i> – [10]</p>	5
4	<p>Розділ 4. Способи зварювання матеріалів у твердій фазі з низькоінтенсивною силовою дією. <u>Завдання 1 на СРС:</u> Особливості отримання біметалевих тонколистових з'єднань Al–Ti методом дифузійного зварювання у вакуумі. <i>Література додаткова</i> – [11]. <u>Завдання 2 на СРС:</u> Формування структури та механічних властивостей з'єднань з інтерметалідного сплаву TiAlNb при дифузійному зварюванні. <i>Література додаткова</i> – [12]. <u>Завдання 3 на СРС:</u> Дифузійне зварювання у вакуумі інтерметаліда γ-TiAl з жароміцним нікелевим сплавом з використанням нанопрошарків Al/Ni. <i>Література додаткова</i> – [13]. <u>Завдання 4 на СРС:</u> Керування напружено-деформованим станом при дифузійному зварюванні. <i>Література додаткова</i> – [3]. <u>Завдання 5 на СРС:</u> Напружено-деформований стан зварних і паяних вузлів із різнорідних матеріалів з м'яким прошарком при температурно-силовому навантаженні.</p>	19

	<p><i>Література додаткова – [14].</i></p> <p><u>Завдання 6 на СРС:</u> Вплив м'якого прошарку на формування напружено-деформованого стану при осьовому навантаженні.</p> <p><u>Завдання 7 на СРС:</u> Обладнання для дифузійного зварювання, параметри процесу.</p> <p><i>Література додаткова – [3, 11 – 14].</i></p> <p><u>Завдання 8 на СРС:</u> Тліючий розряд як джерело нагріву при зварюванні тиском.</p> <p><i>Література додаткова – [3, 11 – 14].</i></p> <p><u>Завдання 9 на СРС:</u> Зварювання матеріалів у твердій фазі композитів.</p> <p><i>Література додаткова – [3, 11 – 14].</i></p>	
10	Підготовка до модульної контрольної роботи	5
11	Підготовка до іспиту	30
	Разом:	78

Політика та контроль

7. Політика викладання та засвоєння освітнього компоненту.

Викладання освітнього компоненту базується на загально прийнятих нормах та за традиційними правилами, які спонукають студентів бути зацікавленими в отриманні знань з освітніх компонентів, які визначають їх знання, професійні компетенції та уміння. Серед цих правил важливим, але не визначальним, є **правило відвідування** усіх видів занять, як умови тісного контакту з викладачами для безпосереднього засвоєння студентами знань, перейняття досвіду творчого життя, культури та принципів гідного поведіння, вигляду та ставлення до рівних собі та послідовників (або противників). Кількість відвідувань занять не є пропорційною якості засвоєння матеріалів освітнього компоненту. Визначальними є **активність, цікавість, творчість** при виконанні завдань, вирішенні тривіальних задач, що проявляється в пошуку та знаходженні оригінальних рішень системного виду та прикладного характеру. Тому головним є не абсолютна присутність на всіх видах занять, а творчий підхід, активна та зацікавлена робота над вивченням освітнього компоненту, пошук нетрадиційних відповідей та рішень. Велика кількість питань, наявність пропозицій, вимога частих та глибоких пояснень під час засвоєння лекційного матеріалу, наполеглива робота під час практичних занять є більш цінними та корисними, ніж заздалегідь засвоєні тривіальні базові знання, цитування текстів підручників, навчальних посібників, конспектів лекцій. Активність студентів має бути відзначена викладачем і мати позитивне оцінювання.

Для студентів, які беруть на себе відповідальність за організацію і планування свого часу для навчання, є можливість опанувати дисципліну у **змішаному режимі**: ознайомлення з теоретичним матеріалом лекцій і розв'язування практичних завдань – самостійно, за необхідності проведення консультацій викладачем згідно графіку консультацій і відведеного на них часу, у відповідності до педагогічного навантаження викладача.

Що стосується правил пристойної поведінки на заняттях, зокрема, підтримання зв'язку із зовнішнім середовищем, то **не забороняється користування необхідними засобами та гаджетами**. Такий підхід може забезпечити корисний результат. Зацікавленість студента високою якістю викладання матеріалу викладачем унеможливить відволікання студента на інші справи. Має бути продемонстрована культура використання засобів зв'язку наставниками, тобто викладачами, які зобов'язані особистим прикладом, не вимикаючи гаджети, унеможливити будь які зовнішні впливи та втручання у процес навчання будь ким. Такий підхід дозволить широко залучати до творчого процесу навчання можливості, **електронних ресурсів та баз даних інтернету**, засобів обчислювальної техніки та наглядних матеріалів та пристроїв.

Деякі види навчання, такі як **практичні заняття**, мають суттєву відмінність від інших видів занять тим, що потребують старанної та прискіпливої підготовки до них студента за межами навчального закладу. Тому крім присутності та активної поведінки студентів в аудиторіях, мають вимагатися **готовність відповідного рівня** до опанування мети роботи, **наявність** у студента необхідних вихідних даних, бланків відповідності, витратних матеріалів у визначеному вигляді.

Порядок та умови оцінювання студентів мають враховувати особливості та види занять, мати відображення в рейтинговій системі оцінювання (PCO).

Подібний підхід має забезпечити об'єктивне та неупереджене оцінювання якості виконання **індивідуальних робіт**. По-перше, в роботі необхідно визначити її відповідність завданню. По-друге, рівень завершеності виконання завдань, в-третьє, застосування відомостей, що отримані студентом в процесі самостійної роботи. Найвищий бал має надаватися роботам, що виконані із застосуванням набутих в процесі самостійної роботи студентів знань. Дуже важливою складовою балу оцінювання роботи має бути оцінка лексики, переконливості та якості захисту студентом своєї роботи, зокрема, при відстоюванні обраної позиції.

Визначні за змістом, якістю рішень та оформленням відповідних текстових та графічних матеріалів роботи, а також ті, що не в повній мірі, за усіма показниками не відповідають загальним вимогам можуть бути оцінені додатковими **заохочувальними або штрафними балами**, що також має бути відображене в PCO.

Інші правила та етапи засвоєння освітнього компоненту, включаючи проведення перевірки на **плагіат**, дотримання **академічної доброчесності**, а також досягнення позитивного результату при різних видах контролю мають відповідати нормативним документам **Університету** та не суперечити законодавству **України**.

Політика щодо академічної доброчесності докладно описана у Кодексі Честі КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://kpi.ua/code>) і передбачає повну відповідальність студента за те, що всі виконані ним завдання відповідають принципам академічної доброчесності.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: Протягом навчання виконуються 9 практичних робіт, кожна з яких оцінюється окремо, а результати поточного контролю регулярно заносяться викладачем у модуль «Поточний контроль» Електронного кампусу.

Календарний контроль: Календарний контроль проводиться двічі на семестр за графіком навчального процесу Університету, як правило, на 7-8 та 14-15 тижнях семестру навчання і реалізується шляхом визначення рівня відповідності поточних досягнень (рейтингу) здобувача встановленим і визначеним в PCO критеріям. Результати календарного контролю заносяться екзаменатором у модуль «Календарний контроль» Електронного кампусу.

Для одержання атестації потрібно: виконати та здати не менше половини практичних робіт та одержати 50 % + 1 бал, відносно максимуму за виконання практичних робіт.

Семестровий контроль: іспит

Умовою допуску до іспиту є зараховані всі практичні роботи та виконана і зарахована модульна контрольна робота (МКР). Практичні роботи та МКР виконуються самостійно, згідно індивідуального завдання. Заборонено здавати чужі роботи чи маніпулювати вихідними даними, подібні дії штрафуються відніманням третини балів від максимальної кількості балів за дану практичну роботу та/або МКР.

Рейтингова система оцінювання результатів навчання студентів

1. **Рейтинг студента з дисципліни** розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них **58 бали складає стартова шкала**. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на практичних заняттях (**9 занять**);
- модульна контрольна робота (**1 робота**)

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на практичних заняттях:

- активна творча робота – **4 бали × 9 = 36**;

- плідна робота – **2-3 бали × 9 = 18-27**;
- участь у роботі – **1 бал × 9 = 9**;
- пасивна робота – **0 балів × 0**.

2.2. Модульна контрольна робота (МКР)

Модульна контрольна робота складається з 3-х запитань. 1 та 2 запитання оцінюються максимально в 7 балів, 3 запитання – 8 балів. Кожна відповідь оцінюється за наступними критеріями:

Характеристика відповіді	1 та 2 запитання	3 запитання
повна, змістовна та аргументована відповідь	7 балів	8 балів
повна, змістовна та аргументована відповідь з несуттєвими помилками	5-6 балів	6-7 балів
не повна але змістовна та аргументована відповідь з несуттєвими помилками	3-4 бали	4-5 балів
не повна відповідь переважно аргументована з помилками	2 бали	2-3 бали
не повна відповідь та слабко аргументована з помилками	1 бал	1 бал
неправильна відповідь	0 балів	0 балів

3. Умовою позитивної першої атестації (на 8 тижні) є отримання не менше **8 балів** за роботу на практичних заняттях (на час атестації).

4. Умовою позитивної другої атестації (на 14 тижні) – отримання не менше **16 балів** при виконанні умов роботи на практичних заняттях (на час атестації).

5. Умовою допуску до іспиту є виконана МКР та стартовий рейтинг **не менше 29 балів**.

6. **На іспиті** студенти виконують *письмову контрольну роботу* або дають *усну відповідь*. Кожне завдання містить три теоретичних запитання (завдання). Кожне завдання складено з Переліку запитань до іспиту з дисципліни. Кожне запитання оцінюється **у 14 балів** за такими критеріями:

- «**відмінно**», повна відповідь, не менше **90%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь», (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – **14-13 балів**;
- «**добре**», достатньо повна відповідь, не менше **75%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або є незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – **12-11 балів**;
- «**задовільно**», неповна відповідь, не менше **60%** потрібної інформації, що виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – **10-9 балів**;
- «**незадовільно**», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – **0 балів**.

Таким чином, **екзаменаційна складова становить - 42 б.**

7. Розрахунок шкали семестрового рейтингу:

$$r_c = (\sum r_k + \sum r_z + \sum r_{ш}) = 36 + 22 = 58 \text{ балів}$$

$$RD = r_C + r_E = (\sum r_K + \sum r_3 + \sum r_{\text{ш}}) + r_E$$

Для допуску до іспиту студенти мають мати стартовий рейтинг не менше ніж 0,5 r_C (**29 балів**).

8. Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Є не зарахована ДКР	Не допущений

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

В умовах on-line лекційні та практичні заняття проводяться з використанням платформи дистанційного навчання "Google Workspace for Education"
<https://classroom.google.com/c/NjY0MzEwODA0OTYy>

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено завідувачем кафедри, д.т.н., професором Квасницьким Віктором Вячеславовичем

Ухвалено кафедрою зварювального виробництва (протокол №6 від 28.11.2022)

Погоджено Методичною комісією інституту НН ІМЗ ім. Є.О. Патона (протокол №5/22 від 12.12.2022)