

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЯ ім. Є.О.ПАТОНА
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
Відділ аспірантури при ІЕЗ ім. Є. О. Патона НАН України

**«Структура з'єднань матеріалів отриманих
плавленням»**

(назва навчальної дисципліни)

2/П

(шифр за ОП)

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
(СИЛАБУС)**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Заступник директора інституту з
наукової роботи
академік НАН України



[Handwritten signature]

І.В. Кривцун
(ініціали, прізвище)

«06» листопада 2020 р.

1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)	
Галузь знань	13 Механічна інженерія	
Спеціальність	132 Матеріалознавство	
Освітня програма	Матеріалознавство	
Статус дисципліни	Нормативна	
Форма навчання	очна(денна)	
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр	
Обсяг дисципліни	4 кредитів (120 годин)	
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен	
Мова викладання	Українська	
Інформація про керівника курсу / викладачів та розклад занять	Розділ дисципліни, викладач	Час проведення лекції (корп.7, кімн. 411)
		модуль 1
	Управління електрофізичними процесами при зварюванні плавленням <i>Жерносеков А.М., д.т.н., ст.н.с.</i> Контактний телефон: (044) 200-44-78; zhernosekov@paton.kiev.ua Наукові інтереси: проведення фундаментальних і прикладних досліджень в галузі розробки засобів управління процесами зварювання; дослідження фізико-хімічних та теплових процесів, що мають місце при дуговому зварюванні плавким електродом; розвиток теорії зварювальних процесів та теорії автоматичного управління щодо їх практичного застосування; розробка методів дослідження і контролю процесів, які протікають в зоні плавлення металу при живленні зварювальної дуги змінним, постійним, модульованим та імпульсним струмом.	дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/
	Матеріалознавчі аспекти процесів структуроутворення нероз'ємних з'єднань в умовах водного середовища. Особливості формування структури з'єднання в умовах водного середовища. <i>Максимов С. Ю., д.т.н., ст.н.с.</i> Контактний телефон: (044) 200-61-84; maksimov@paton.kiev.ua Наукові інтереси: вивчення особливостей фізико-металургійних	модуль 2
	дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/	

	<p>процесів підводного дугового зварювання низьколегованих сталей підвищеної міцності, впливу гідростатичного тиску на технологічні властивості дуги і службові характеристики зварних з'єднань, розробка технології та обладнання для відновлення дуговим зварюванням підводних металоконструкцій з метою подовження їх ресурсу</p>	
	<p>Фізико-хімічні процеси паяння металів і сплавів. <u>Максимова С.В., д.т.н., ст.н.с</u> Контактний телефон: (044) 200-54-34; maksymova@paton.kiev.ua Наукові інтереси: дослідження фізико-металургійних процесів, що протікають при паянні широкого спектру металів і сплавів, в тому числі перспективних матеріалів нового покоління на основі інтерметалідів, визначення їх впливу на формування мікроструктури, фазового складу паяних швів та механічні (експлуатаційні) властивості паяних з'єднань. Створення технологічних процесів отримання паяних з'єднань різних матеріалів.</p>	<p>модуль 3</p> <p>дисципліна викладається згідно розкладу, який можна знайти за посиланням https://paton.kiev.ua/aspiratura-i-doktorantura/poryadok-pidgotovki/rozklad-zanyat/</p>
Розміщення курсу	<p>Посилання на дистанційний ресурс</p>	

2. Мета, предмет вивчання та результати навчання

Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів компетентностей:

- Здатність проводити критичний аналіз, оцінку і синтез нових та складних ідей (код ЗК 2).
- Здатність переосмислювати наявне та створювати нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі соціальні, наукові, культурні, етичні та інші проблеми (код ЗК 3).
- Здатність розроблення та реалізація проектів, включаючи власні дослідження (код ЗК 4).
- Здатність ініціювання дослідницько-інноваційних проектів та автономно працювати під час їх реалізації(код ЗК 5).
- Здатність до самостійного освоєння нових методів дослідження(код ЗК 8).
- Здатність досліджувати проблеми із використанням системного аналізу та інших методів дослідження(код ЗК 9).
- Критичне осмислення наукових фактів, гіпотез, теорій, у професійній діяльності в сфері матеріалознавства(код ЗК 11).

- Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в механічній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації(код ФК 1).
- Здатність самостійно виконувати наукові дослідження в галузі матеріалознавства на основі сучасних теорій та методів термодинаміки, кінетики процесів в матеріалах, фізики конденсованого стану, та інформаційнокомунікаційних технологій(код ФК 2).
- Здатність узагальнювати результати сучасних досліджень структури та властивостей матеріалів для вирішення наукових і практичних проблем, на основі фундаментальних та спеціальних знань синтезувати та створювати нові матеріали заданого функціонального призначення (код ФК 4).
- Здатність оцінювати властивості матеріалів на основі існуючих та спеціально розроблених моделей та методів досліджень (код ФК 5).
- Здатність проводити теоретичні й експериментальні дослідження, фізико-математичне, фізико-хімічне та комп'ютерне моделювання розроблюваних матеріалів та процесів з метою оптимізації їх властивостей (код ФК 8).
- Здатність на основі фундаментальних та спеціальних знань проектувати та
- створювати нові матеріали заданого функціонального призначення(код ФК 9).
- Здатність використовувати новітні методи досліджень металів і сплавів в науково-дослідницькій діяльності (код ФК 11).

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми аспіранти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання.

Знання:

- методик аналізу та синтезу знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації (код ЗН 1);
- загальних принципів і методів природничих та технічних наук, а також методології наукових досліджень, їх застосування у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства (код ЗН 3);
- фізичних, хімічних та математичних принципів матеріалознавства (код ЗН 4);
- новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в галузі матеріалознавства та суміжних сферах (ЗН 5);
- закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення (код ЗН 7);

Уміння:

- Використовувати необхідні для обґрунтування висновків докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні емпіричні дані(код УМ 2);
- Застосовувати логіку та методологію наукового пізнання(код УМ 3);
- Застосовувати аналіз та синтез знань при вирішенні проблем в широкому контексті матеріалознавчих та міждисциплінарних задач, в тому числі, за умов невизначеності чи неповної інформації(код УМ 4);

- Забезпечувати оригінальні розробки та ідей в контексті наукового дослідження(код УМ 5);
- Орієнтуватися в сучасних тенденціях та потребах суспільства з метою їх використання в професійній галузі; проявити вищу ступінь відповідальності за соціальні, культурні та екологічні наслідки комплексної технічної діяльності в контексті сталого розвитку; виявити готовність до ведення технічної діяльності з дотриманням етичних норм(код УМ 6);
- синтезувати знання та формулювати висновки, обґрунтовувати їх для фахової та нефахової аудиторії (код УМ 8);
- На основі аналізу потреб виробництва формулювати вимоги щодо рівня властивостей нових матеріалів(код УМ 10);
- генерувати нові ідеї для вирішення науково-дослідних проектів та дослідницько-конструкторських робіт (код УМ 12);
- оцінювати вплив нерівноважних умов отримання матеріалів на характеристики їх роботоздатності, та застосовувати сучасні методи їх підвищення (код УМ 14);
- практично застосувати отримані теоретичні знання при виборі матеріалів залежно від реальних умов експлуатації та функціонального призначення (код УМ 15);
- Практично визначати умови необхідні для реалізації процесу з'єднання матеріалів методом паяння, відбирати необхідні матеріали для реалізації процесу паяння, враховувати особливості впливу гравітації та оточуючого середовища на формування нероз'ємних з'єднань(код УМ 19);
- Практично визначати умови необхідні для реалізації процесу з'єднання конструкційних сталей та проводити відбір зварювальних матеріалів для отримання необхідних властивостей нероз'ємних з'єднань(код УМ 20);

3. Перереквізити навчальної дисципліни:

знання основних розділів фізики і математики; здатність продемонструвати розуміння ширшого міждисциплінарного інженерного контексту і його основних принципів; питання використання технічної літератури та інших джерел інформації в матеріалознавстві; знання основних понять термодинамічного підходу до створення матеріалів, основ теорії зварювальних процесів, методів математичного моделювання об'єктів, методів та критеріїв теорії автоматичного управління, моделювання фізичних процесів; вміння використовувати аналітичні та чисельні методи інтегрування диференціальних рівнянь, використовувати методи газового, спектрального та хімічного аналізу, оптичної та растрової електронної мікроскопії; використовувати технічну літературу та інші джерела інформації.

Постреквізити: в результаті вивчення дисципліни будуть отримані знання, які допоможуть обґрунтовано визначити актуальність роботи, сформулювати мету та визначити основні завдання дослідження, описати об'єкт, предмет і методи досліджень; проаналізувати тенденції вдосконалення існуючих технологій дугового зварювання та паяння, розуміння особливостей процесу імпульсно-дугового зварювання для різних матеріалів (алюмінієві сплави, конструкційні сталі) та в комбінованих технологіях: лазер - дуга, дві дуги, дуга-плазма, шляхів підвищення ефективності процесу імпульсно-дугового зварювання плавким електродом в захисних газах, методів математичного моделювання процесів переносу електродного металу, тенденції удосконалення устаткування для дугових та комбінованих способів зварювання, фізико-металургійних особливостей підводного

дугового зварювання конструкційних сталей, шляхів стабілізації процесу горіння дуги в атмосфері парогазового пузиря, механізму утворення пор і холодних тріщин, закономірностей впливу хімічного складу і умов зварювання на формування структури і властивості металу шва і ЗТВ та способів керування цим процесом, електродних матеріалів та спеціалізованого обладнання для мокрого підводного зварювання, сутності і фізико-хімічних основ паяння різних матеріалів, механізму та результатів взаємодії між основним металом і припоєм, особливостей процесу кристалізації металу паяного шву, критеріїв аморфізації припоїв, їх структурних особливостей і впливу на формування паяних з'єднань, технологічних аспектів процесу паяння нержавіючих і низьколегованих сталей, мідних сплавів, впливу хімічного складу припою, дифузійних процесів і технологічних параметрів процесу високотемпературного паяння на формування структури паяних швів, припоїв і методів паяння алюмінієвих сплавів різних систем легування.

4. Вимоги навчальної дисципліни:

Вивчення курсу «Структура з'єднань матеріалів отриманих плавленням» являється вибіркоким. Об'єм навчального навантаження складає 4 кредити із них 32 години - лекції, 8 годин - практичні заняття, 80 годин – самостійна робота. Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкове відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісне і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.

5. Зміст навчальної дисципліни.

Завдання учбової дисципліни. Після засвоєння навчальної дисципліни аспіранти мають продемонструвати знання загальних принципів і методів технічних наук, а також методології наукових досліджень, їх застосування у власних дослідженнях у сфері матеріалознавства; новітніх світових досягнень науки, техніки та технологій в управлінні електрофізичними процесами при зварюванні плавленням, процесами структуроутворення нероз'ємних з'єднань в умовах водного середовища, фізико-хімічними процесами паяння металів і сплавів; сучасних методів теоретичного та експериментального дослідження структури та властивостей матеріалів; закономірностей керування складом, структурою та властивостями матеріалів різної природи та функціонального призначення; вплив нерівноважних умов отримання матеріалів на їх структуру та властивості, технологічні процеси, що забезпечують необхідні умови отримання матеріалів з комплексом властивостей, необхідних для їх практичного використання; особливостей отримання нероз'ємних з'єднань матеріалів методом паяння, плавленням в умовах водного середовища; придатності до з'єднання низьковуглецевих конструкційних сталей підвищеної та високої міцності, легованих і високолегованих жаростійких та жароміцних сталей, матеріалів для отримання нероз'ємних з'єднань з наперед заданими властивостями.

Мета викладання дисципліни є надання аспірантам знань щодо особливостей процесів структуроутворення нероз'ємних з'єднань в умовах нестационарного тепловкладення, в тому числі під водою, та паяння, їх характеристики, основні переваги та недоліки, сфери застосування, механізми керування процесом утворення нероз'ємних з'єднань, критерії визначення параметрів зварювання і паяння металів і сплавів, їх вплив на структуру та механічні властивості з'єднань, основні технологічні прийоми зварювання і паяння, способи керування переносом електродного металу.

План викладання дисципліни:

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	СРА
1	2	3	4	5	6
<i>Розділ 1. Управління електрофізичними процесами при зварюванні плавленням</i>					
<i>Тема 1.1. Способи дугового зварювання</i>	3	1	-	-	2
<i>Тема 1.2. Перспективи розвитку способу зварювання плавким електродом в захисних газах.</i>	3	1	-	-	2
<i>Тема 1.3. Розвиток імпульсно-дугового зварювання плавким електродом в захисних газах.</i>	6	1	1	-	4
<i>Тема 1.4. Підвищення ефективності процесу імпульсно-дугового зварювання плавким електродом в захисних газах.</i>	3	1	-	-	2
<i>Тема 1.5. Методи математичного моделювання процесів формування та переносу металу електроду.</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 1.6. Дослідження щодо процесів імпульсно-дугового зварювання алюмінієвих сплавів, сплави на основі міді, конструкційних сталей, в тому числі високоміцних трубопровідних сталей.</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 1.7. Імпульсний вплив при зварюванні змінним струмом синусоїдальної форми.</i>	3	1	-	-	2
<i>Тема 1.8. Дослідження зварювального устаткування щодо впливу вищих гармонік струму на електричну мережу.</i>	5	1	1	-	3
Разом за розділом 1	31	10	2	-	19
<i>Розділ 2. Матеріалознавчі аспекти процесів структуроутворення нероз'єднаних з'єднань в умовах водного середовища.</i>					
<i>Тема 2.1. Фізико-металургійні аспекти проблеми підводного дугового зварювання конструкційних сталей.</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 2.2. Умови стійкого горіння дуги у водному середовищі, еволюція парогазового пузиря і перенос електродного металу.</i>	4	2	-	-	2
<i>Тема 2.3. Вплив умов зварювання безпосередньо у воді</i>	4	2	-	-	2

на взаємодію розплавленого металу з газами.					
<i>Тема 2.4.</i> Закономірності впливу хімічного складу і умов зварювання на формування структури і властивості металу шва і ЗТВ.	8	2	2	-	4
<i>Тема 2.5.</i> Способи керування властивостями зварних з'єднань в умовах водного середовища.	8	2	2	-	4
<i>Тема 2.6.</i> Електроодні матеріали і основні технологічні аспекти підводного зварювання.	5	2	-	-	3
Разом за розділом 2	33	12	4	-	17
<i>Розділ 3. Фізико-хімічні процеси паяння металів і сплавів</i>					
<i>Тема 3.1.</i> Теоретичні основи процесу отримання нероз'ємних з'єднань шляхом паяння	4	2	-	-	2
<i>Тема 3.2.</i> Фізико-металургійні процеси, що протікають під час процесу паяння.	4	2	-	-	2
<i>Тема 3.3.</i> Обладнання для паяння, виготовлення (шляхом лиття) і дослідження експериментальних припоїв і паяних з'єднань.	3	1	-	-	2
<i>Тема 3.4.</i> Аморфні (мікрокристалічні) припої, методи виготовлення, властивості, застосування при високотемпературному паянні титанових сплавів.	3	1	-	-	2
<i>Тема 3.5.</i> Технологічні аспекти процесу паяння нержавіючих, низьколегованих сталей, мідних сплавів.	2	1	-	-	1
<i>Тема 3.6.</i> Високотемпературне паяння жароміцних сплавів на основі нікелю.	4	1	1	-	2
<i>Тема 3.7.</i> Паяння алюмінієвих сплавів.	2	1	-	-	1
<i>Тема 3.8.</i> Проблеми і особливості паяння різномірних матеріалів.	4	1	1	-	2
Разом за розділом 3	26	10	2	-	14
<i>Екзамен</i>					30
Всього годин	120	32	8	-	80

6. Контроль знань.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Робота на практичних заняттях

Ваговий бал – 2,7. Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях дорівнює $2,7 \times 15 = 40$ балів (2,7 балів - відповідь на питання, 0 балів - відсутність відповіді)

2. Штрафні бали
Відсутність на лекції, або на практичному занятті без поважної причини **-1 бал**;

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C=40 \text{ балів}$$

На екзамені аспіранти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних питання. Перелік питань наведено у робочій навчальній програмі. Кожне питання оцінюється у 20 балів.

Система оцінювання питань:

- «відмінно» - повна відповідь (не менше 95% потрібної інформації) – 19-20 балів;
- «дуже добре» - майже повна відповідь (не менше 85% потрібної інформації) – 17-18 балів;
- «добре» - достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 15-16 балів;
- «задовільно» - неповна відповідь (не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки) – 13-14 балів;
- «достатньо» - неповна відповідь із значними недоліками (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 12 балів;
- «незадовільно» - загалом неправильна відповідь, або її відсутність – 0...11 балів.

$$R_E=60 \text{ балів}$$

Сума стартових балів і балів за іспитову контрольну роботу переводиться до іспитової оцінки згідно з таблицею:

Бали $R_D = R_C + R_E$	Екзаменаційна оцінка
95...100	Відмінно
85...94	Дуже добре
75...84	Добре
65...74	Задовільно
60...64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
$R_C < 8$	Не допущено

7. Список базової літератури.

Розділ 1.

1. Патон Б.Е., Лебедев В.К. Электрооборудование для дуговой и шлаковой сварки.: Машиностроение, 1966. 360 с.
2. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности. М.: Машиностроение, 1973. 448 с.
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. М.: «Машиностроение», 1974. 240 с.
4. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б. Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974. 768 с.
5. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов. К.: Вища школа, 1976. 424 с.
6. Schellhase M. Der Schweißlichtbogen – ein technologisches Werkzeug. Berlin: VEB Verlag Technik, 1985. 236 s.
7. Жежеленко И.В., Рабинович М.Л., Божко В.М. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях. К.: Техника, 1981. 160 с.
8. Б.Е. Патон, И.И.Заруба, В.В. Дыменко, А.Ф. Шатан. Сварочные источники питания с импульсной стабилизацией горения дуги. К.: «Екотехнологія», 2007. 248 с.
9. Жерносеков А.М. Тенденции развития управления процессами переноса металла в защитных газах (Обзор). Автоматическая сварка. 2012. № 1. С. 33-38.
10. Рымар С.В., Жерносеков А.М., Сидорец В.Н. Влияние однофазных источников питания сварочной дуги на электрическую сеть. Автоматическая сварка. 2012. №1. С. 33-38.
11. Семенов А.П. Методы математического моделирования процессов формирования и переноса капель электродного металла при сварке плавящимся электродом (Обзор). Автоматическая сварка. 2014. № 10. С. 3-12.

До Розділу 2.

1. A. Brown, R. Brown, C.-L. Tsai, K. Masubuchi. Report on fundamental research on underwater welding. Report #MITSG 74-29. 1974. 317 p.
2. М. Мадатов. Подводная сварка и резка металлов. Л., Судостроение. 1967.
3. Подводная сварка и резка металлов. Киев, ИЭС. Под редакцией А.Е.Асниса. 1980.
4. А.А. Игнатушенко. Сварка под водой. Итоги науки и техники. 1981. Т.13. С.3-54.
5. Underwater Wet Welding and Cutting. Woodhead Publishing. 1998. 114 p.
6. К.В. Багрянский, З.А. Добротина, К.К. Хренов. Теория сварочных процессов. Вища школа. 1976. 424 с.
7. А.А. Ерохин. Основы сварки плавлением. М. Машиностроение. 1973. 448 с.
8. Л.С. Лифшиц. Металловедение для сварщиков. М. Машиностроение. 1979. 253 с.
9. В.В. Підгаєцький. Пори, включення і тріщини в зварних швах. Техніка. 1970. 236 с.

10. М.П. Браун. Влияние легирующих элементов на свойства стали. Киев. 1962. 192 с.
11. Гольдштейн, Я. Е. Инокулирование железоуглеродистых сплавов/ Я.Е. Гольдштейн, В.Г. Мизин. М: Металлургия, 1993. – 416 с.
12. А. Н. Задиранов, А.М. Кац. Теоретические основы кристаллизации металлов и сплавов. М. МГИУ. 2008. 194 с.
13. A. Sanchez-Osio, S. Liu. The influence of consumable composition and solidification on inclusion formation and growth in low carbon steel underwater wet welds. Welding Research Council Bulletin. 1995. Issue: 399. 58 p.
14. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б.Е.Патона. М. Машиностроение. 1974. 768 с.

До Розділу 3.

1. Справочник по пайке. Под ред. И.Е. Петрунина. М: Машиностроение. 2003. 480 с.
2. Г.В. Ермолаев, В.В. Квасницький, В.Ф. Квасницький, С.В. Максимова, В.Ф. Хорунов, В.В. Чигарьов. Паяння матеріалів. Підручник. Миколаїв: НУК. 2015. 340 с.
3. Ю.С. Долгов, Ю.Ф. Сидохин. Вопросы формирования паяного шва. М: Машиностроение. 1973. 136 с.

4. Schwartz M.M. Brazing. Ed. 2, ASM International, Materials Park, Ohio, 2003. 421 p.
5. С.В. Лашко, Н.Ф. Лашко. Пайка металлов. М.: Машиностроение. 1988. 376 с.
6. Л. Н. Ларионов, В. И. Исайчев. Структура и свойства металлов и сплавов. Справочник. Диффузия в металлах и сплавах. Киев: Наукова думка. 1987. 506 с.
7. Maksymova S.V., Khorunov. V.F. Diffusion processes and formation of structure of brazed joints on titanium aluminides. Journal of Applied Physical Science International. 2015. № 4. P. 24-29.
8. У. Уэндландт. Термические методы анализа. М.: Мир.1978. 526 с.
9. Практическая растровая электронная микроскопия. Под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица. Москва: Мир: 1978.
10. Новые аморфные припои для пайки титана и его сплавов. Б. А. Калинин, О. Н. Севрюков, В. Т. Федотов, А. Н. Плющев, А. П. Яйкин // Сварочное производство, 2001. № 3. С.37-39.
11. V. Khorunov, S. Maksymova. Production and application of rapidly quenched brazing alloys. Welding International. 2006. №20 (5). P. 405-409.
12. Хорунов В.Ф., Максимова С.В., Иванченко В.Г. Получение паяных соединений гамма алюминидов титана и исследование их свойств. Адгезия расплавов и пайка материалов. - 2004. №37. С.100-108.
13. Khorunov V.F., Maksymova S.V. Structure and properties of intermetallic alloys brazed joints Welding. Proceeding of International Conference, Hefei, China, Oct. 2007. P. 348-352.
14. V.F. Khorunov, S.V. Maksymova. Brazing of superalloys and the intermetallic alloy (γ -TiAl). Advanced in brazing. Science, technology and applications. Ed. by Dusan P. Seculic, Cambridge: WPL. 2013. P. 85-120.
15. Максимова С.В. (2007) Аморфные припои для пайки нержавеющей стали и титана и структура паяных соединений. Адгезия расплавов и пайка материалов. №40. С. 70-81.
16. Хорунов В.Ф. Основы пайки тонкостенных конструкций из высоколегированных сталей. Киев: Наукова думка. 2008. 238 с.
17. С. В. Максимова, В. Ф. Хорунов, В. А. Шонин. Механические свойства паяных соединений дисперсно-упрочненного медного сплава. Автоматическая сварка. 2010. №10. С. 23-28.
18. Литейные жаропрочные сплавы. Эффект С. Т. Кишкина: Науч.-техн. сб. Под ред. Е. Н. Каблова. М: Наука. 2006. 272 с.
19. В. П. Бунтушкин, М. Б. Бронфин, О. А. Базылева, О. Б. Тимофеева. Влияние легирования и структуры отливок на жаропрочность интерметаллида Ni3Al при высокой температуре. Металлы. 2004. № 2. С. 107–110.

20. Патон Б. Е., Строганов Г. Б., Кишкин С. Т. и др. Жаропрочность литейных никелевых сплавов и защита их от окисления. Киев: Наукова думка. 1967. 256 с.
21. Р. С. Курочко. Сварка и пайка жаропрочных материалов горячего тракта ГТД. Авиационная промышленность. 1982. № 8. Электронный ресурс: Режим доступа: <http://viam.ru/public/files/1982/1982-198570.pdf>
22. Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. М.: Metallurgy. 1990.
23. Ю.В. Найдич. Контактные явления в металлических расплавах. К: Наукова думка. 1972. 198 с.
24. V. F. Khorunov and O. M. Sabadash. Brazing of aluminium and aluminium to steel. Advanced in brazing. Science, technology and applications. Ed. by Dusan P. Seculic, Cambridge: WPL. 2013. P. 249 - 279.
25. Metallovedenie aluminiumovykh spлавov. Spravochnik. 2-e pereperab, i dop. Beleyev A.I. i dr. M.: Metallurgy. 1980. 280 с.
26. Mashinostroyeniye. Entsiklopediya, Tekhnologiya svarki, pайki i rezki. T.111-4 . Red. B.E. Patona. M: Mashinostroyeniye. 2006. 642 с.