

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут"

ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ-2

Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання комплексної контрольної роботи
для студентів напряму підготовки 6.050504 "Зварювання"

*Рекомендовано вченою радою
зварювального факультету НТУУ "КПІ"*

Київ 2013

Теорія процесів зварювання-2. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні: методичні вказівки до виконання комплексної контрольної роботи для студентів напряму підготовки 6.050504 "Зварювання" /Уклад.: В.М. Коперсак, О.А. Сливінський – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 13 с.

*Гриф надано вченою радою
зварювального факультету НТУУ "КПІ"
(Протокол № 7 від 18 березня 2013 року)*

Навчальне електронне видання

ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ-2

Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання комплексної контрольної роботи
для студентів напряму підготовки 6.050504 "Зварювання"

Укладачі:	Коперсак Віктор Миколайович Сливінський Олексій Анатолійович
Відповідальний редактор:	Прохоренко О.В., к.т.н. доцент
Рецензент:	Попель Ю.С., к.т.н. доцент

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Загальні положення	5
2. Інструктивно-методичні матеріали для підготовки до розв'язання теоретичних питань ККР.....	6
3. Інструктивно-методичні матеріали для підготовки до розв'язання практичних завдань ККР.....	9
Рекомендована література.....	11
Додаток А.	
Положення про оцінювання успішності студентів за ККР.....	13

ВСТУП

Дисципліна «Теорія процесів зварювання» охоплює широке коло питань з теорії фізичних, теплових, термомеханічних та фізико-хімічних процесів, що протікають в ході зварювальної обробки, а також споріднених технологічних процесів: різання, паяння, нанесення покриття та ін.

Підготовка сучасних, високоерудованих фахівців у галузі зварювального виробництва неможлива без формування у студентів наукового підходу до аналізу зварювальних процесів та засвоєння ними причинно-наслідкових зв'язків між характером зварювальних процесів та якістю зварного з'єднання.

Основною метою дисципліни «Теорія процесів зварювання» є засвоєння та узагальнення студентами особливостей зварювальних процесів в стрункій системі теоретичних знань, набуття навичок теоретичного та експериментального дослідження цих процесів, оволодіння методами аналізу й розрахунку закономірностей та кінетики їх протікання, знання основних шляхів керування ними для одержання якісних зварних з'єднань.

Комплексна контрольна робота (ККР) є підсумковим контрольним заходом з оцінювання якості підготовки студентів при проведенні самоаналізу, а також при проведенні акредитаційної експертизи спеціальностей за напрямом 6.050504 «Зварювання».

Дане навчальне видання служить інструктивно-методичним матеріалом для самостійної підготовки студентів до виконання комплексної контрольної роботи з дисципліни «Теорія процесів зварювання» в ході проведення на кафедрі зварювального виробництва акредитаційної експертизи спеціальності 7(8).05050401 «Технології та устаткування зварювання».

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Контрольне завдання ККР - це перелік формалізованих питань, вирішення яких потребує уміння застосовувати інтегровані знання програмного матеріалу дисципліни.

Контрольні завдання охоплюють весь програмний матеріал навчальної дисципліни «Теорія процесів зварювання», налічують 45 варіантів різнозначної складності, кожний з яких має однакову за кількістю питань структуру. Трудомісткість контрольних завдань розрахована на відведений на ККР час - 80.. .90 хвилин.

Усі завдання ККР мають професійне (фахове) спрямування і вимагають від студентів не відтворення знань окремих тем і розділів навчальної дисципліни, а їх інтегроване застосування.

Кожне завдання містить одне теоретичне і одне практичне питання, що передбачають демонстрацію студентами не репродуктивних знань, а вміння використовувати набуті знання для вирішення практично спрямованих завдань.

Критерії оцінювання знань студентів за ККР з відповідною системою рейтингових балів наведено в Додатку А.

2. ІНСТРУКТИВНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПИТАНЬ ККР

У ході підготовки до виконання ККР з дисципліни «Теорія процесів зварювання» необхідно звернути увагу на уміння давати змістовно вірні відповіді на наступні теоретичні питання:

1. Порівняйте між собою види захисту реакційної зони зварювання від повітря. Які види захисту застосовуються в кожному зі способів дугового зварювання? Як оцінюється ефективність захисту металу сталевого шва від повітря? [2, с. 126-128, 135-137].

2. Дайте оцінку процесам утворення пор в зварному шві. Охарактеризуйте можливі причини появи пор. Які гази спричиняють пори? Наведіть основні методи попередження пор в зварних швах. [2, с. 195-201].

3. Поясніть механізм утворення кристалізаційних тріщин в твердому стані металу. Розкрийте поняття температурного інтервалу крихкості. [2, с. 207-210].

4. Поясніть механізм утворення холодних тріщин. Проаналізуйте роль гартівних структур та дифузійного водню в їх зародженні. [2, с. 219-224].

5. Сформулюйте необхідні умови утворення зварного з'єднання. Порівняйте види енергії активації, що використовується різними способами зварювання та наведіть приклади. [1, с. 8-11, 14-15].

6. Порівняйте температури місцевого нагрівання при зварюванні тиском та зварюванні плавленням. Обґрунтуйте вимогу, щодо сконцентрованості джерела зварювального нагрівання за допомогою закону Карно. [1, с. 16-17, 21-24].

7. За якими параметрами електрична дуга відрізняється від інших розрядів у газах? Дайте оцінку розподілу напруги в дузі, назвіть області дуги. [1, с. 27-29].

8. Що являє собою статична вольт-амперна характеристика дуги ? Порівняйте вільну та стиснену дугу. Яка принципова відмінність між ними ? Для якої дуги виконується закон Ома ? [1, с. 30-33].

9. Проаналізуйте фізичні процеси в катодній області зварювальної дуги. Якими частинками переносяться струм в катодній області? Порівняйте термоелектронну та автоелектронну емісії, «гарячі» та «холодні» катода. [1, с. 33-34, 37-38, 41, 47, 63, 66].

10. Проаналізуйте фізичні процеси в стовпі зварювальної дуги. Порівняйте термічну іонізацію з іонізацією зіткненням. У яких заряджених частинок в стовпі дуги рухливість більша, електронів, чи іонів ? [1, с. 67, 70-71, 73-74, 93-94].

11. Дайте визначення поняття «ступінь іонізації газу». Охарактеризуйте методики визначення ступеню іонізації. Які особливості іонізації суміші газів ? Для чого в склад зварювальних матеріалів додають легкоіонізовані речовини ? [1, с. 74-75, 81-82, 87, 89-90].

12. Проаналізуйте залежність радіуса стовпа дуги від струму в дузі та критичного струму переходу до стисненої дуги від потенціалу іонізації дугового газу. Обґрунтуйте принципи отримання стисненої дуги. [1, с.117-120].

13. Порівняйте системи автоматичного регулювання та саморегулювання дугового зварювання. Які зовнішні вольт-амперні характеристики зварювального джерела живлення забезпечують саморегулювання та автоматичне регулювання дугового зварювання ? [1, с. 150-153, 157-158].

14. Охарактеризуйте види переносу електродного металу: крупно крапельного, дрібно крапельного, струменевого. Проаналізуйте умови формування цих видів переносу ? [1, с. 314-318].

15. Порівняйте сили, що діють на краплю електродного металу та охарактеризуйте їх вплив на перенос, зазначивши які сили сприя-

ють/протидіють відриву краплі, в якому положенні. [1, с. 319-320, 323-329].

16. Дайте оцінку методам управління переносом електродного металу. Обґрунтуйте застосування поверхнево-активних речовин та імпульсів струму для покращення переносу. [1, с. 347-352].

17. Дайте визначення поняття «температурне поле». Які види температурних полів вивчає теорія розповсюдження тепла при зварюванні (наведіть приклади)? Порівняйте способи графічного представлення температурних полів (наведіть необхідні рисунки). [1, с. 169-171].

18. Для спрощення теплових розрахунків всі зварювані тіла зводяться до декількох схем. Охарактеризуйте кожну з них, зазначивши приклади застосування в інженерних розрахунках. [1, с. 182].

19. В теплових розрахунках всі зварювальні джерела нагрівання зводяться до декількох спрощених схем. Охарактеризуйте їх та наведіть класифікацію схематизованих джерел нагрівання. [1, с. 182-183].

20. Дайте визначення поняття «термічний цикл зварювання». Намалюйте термічний цикл однопрохідного зварювання та охарактеризуйте основні його параметри, що впливають на структуру та властивості зварного з'єднання. Проаналізуйте їх залежність від параметрів режиму зварювання та початкової температури. [1, с. 262-263].

3. Інструктивно-методичні матеріали для підготовки до розв'язання практичних завдань ККР

Практичні питання контрольних завдань передбачають перевірку уміння студентів застосовувати, набуті ними під час вивчення дисципліни, практичні навички з розрахунку температури стовпа дуги, комплексного аналізу технологічних властивостей покритих електродів, розрахункової оцінки схильності сталей до гарячих та холодних тріщин при зварюванні.

Приклади розв'язання типових задач з ККР

Задача 1. В атмосфері 100% Ag горить електрична дуга. Потенціал іонізації Ag: $U_i = 15,7$ В. Яка буде температура стовпа дуги, якщо вважати, що дуга – вільна ?

Розв'язок. Вільною називають дугу, поперечний розмір якої не обмежений у жодному своєму перетині, в тому числі й діаметром електроду. Для моделі вільної дуги може бути застосований принцип мінімуму Штенбека, згідно якого для усталеного стійкого дугового процесу, при необмеженому живленні дуги електричною енергією, фізичні процеси спрямовуються таким чином, щоб напруженість електричного поля стовпа дуги була постійною та мінімально можливою для даних умов.

В свою чергу, на підставі принципу мінімуму, з рівняння вольт-амперної характеристики вільної дуги, випливає, що температура стовпа вільної дуги для незмінних зовнішніх умов є величина постійна, яка залежить тільки від потенціалу іонізації дугового газу:

$$T = \frac{12}{29} \cdot \frac{e_0 U_i}{6k} \approx 800 \cdot U_i$$

Отже, в нашому випадку $T = 800 \cdot 15,7 = 12560$ К.

Задача 2. Проводиться комплексна порівняльна оцінка технологічних властивостей дослідних покритих електродів. Електрод «А» показав розривну довжину дуги $l_{роз} = 40$ мм, при цьому концентрація азоту в металі шва складала $[N] = 0,03$ %. Для електроду «Б»: $l_{роз} = 30$ мм, $[N] = 0,02$ %. Для електроду «В»: $l_{роз} = 65$ мм, $[N] = 0,06$ %. Який з електродів не витримав випробувань ?

Розв'язок. Розривною довжиною зварювальної дуги називають її довжину у момент природного обриву. Більшій сталості горіння зварювальної дуги відповідає її більша розривна довжина. Таким чином, знаходячи розривну довжину зварювальної дуги, ми посередньо оцінюємо сталість її горіння. За цим показником найкращі стабілізуючі властивості електродного покриття у електроду «В», найгірші – у електроду «Б».

Якість захисту зварюваного металу оцінюють по кількості азоту, розчиненого в металі зварного шва. Захист від повітря вважається задовільним, якщо концентрація азоту не перевищить: $[N] \leq 0,04$ %. Захисні властивості покриття електроду «В» не забезпечують виконання цієї вимоги. Отже випробування не витримав електрод «В».

Задача 3. Для низьколегованої сталі заданого хімічного складу оцінити схильність до утворення гарячих тріщин при зварюванні за показником:

$$HCS = \frac{C(S + P + 0,04Si + 0,01Ni) \cdot 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V}$$

Хімічний склад сталі, %

C	S	P	Si	Ni	Mn	Cr	Mo	V
0,17	0,035	0,035	0,35	3,12	0,55	1,60	0,30	-

Оскільки за $P_w > 0,286$ сталь вважається схильною до холодних тріщин при зварюванні, за результатами розрахунків існує потенційна загроза виникнення холодних тріщин.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Основна література:

1.1 В. М. Коперсак. Теорія процесів зварювання-2. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні. Текст лекцій / - К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 252 с.

1.2. В.М. Коперсак «Теорія процесів зварювання». Текст лекцій. Ч.І; НТУУ «КПІ», 2001.- 141 с.

1.3. Теория сварочных процессов. Под. ред. В.В.Фролова.- М.: Высш. шк., 1988.- 560 с.

1.4. Петров Г.Л., Гумарев А.С. Теория сварочных процессов /с основами физической химии.- 2-е изд.- М.: Высш. шк., 1977.- 392 с.

1.5. Багрянский К.В., Добротина З.А., Хренов К.К. Теория сварочных процессов.- 2-е изд. переработ.- Киев: Вища. шк., 1976.- 424 с.

1.6. Теория сварочных процессов под. ред. В.М. Неровного. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007, - 752 с.

1.7. Коперсак В.М. Термодинаміка і теплові процеси при зварюванні. Текст лекцій. Київ НТУУ КПІ, 2006. - 124 с.

1.8. Ерохин А.А. Основы сварки плавлением.- М.: Машиностроение, 1978.- 447 с.

1.9. Кох Б.А. Основы термодинамики металлургических процессов сварки.- Л.: Судостроение, 1975.- 240 с.

2. Додаткова література:

2.1. В. М. Коперсак. Теорія процесів зварювання-1. Джерела нагрівання та теплові процеси при зварюванні. Текст лекцій / - К.: НТУУ «КПІ», 2011. - 384 с.

2.2 В.М. Коперсак «Теорія процесів зварювання». Текст лекцій. Ч.ІІ; НТУУ «КПІ», 2001.- 119 с.

2.3. Сефериан Д. Металлургия сварки.- М.: МашГИЗ, 1963.- 347 с.

2.4. Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А. Физическая химия.- М.: Металлургия, 1976.- 543 с.

2.5. Підгаєцький В.В. Пори, включення і тріщини в зварних швах.- Київ: Техніка, 1970.- 236 с.

2.6. Петров Г.Л. Сварочные материалы.- М.: Машиностроение, 1972.- 274 с.

27. Лившиц Л.С. Металловедение для сварщиков. М.: Машиностроение, 1979.- 243 с.

2.8. Ерёмин Е.М. Основы химической термодинамики.- М.: Машиностроение, 1986.- 274 с.

2.9. Кудрявцев П.С. Курс истории физики.- 2-е изд.- М.: Просвещение, 1982.- 447 с.

2.10. Подгаецкий В.В., Кузьменко В.Г. Сварочные шлаки.- Киев: Наукова думка, 1988.- 256 с.