

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 модульних контрольних робіт

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 модульних контрольних робіт для студентів напряму підготовки 6.050504 "Зварювання" /Уклад.: В.М. Коперсак, О.А. Сливінський – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 19 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 модульних контрольних робіт

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 до модульного контролю.....	6
Рекомендована література.....	18

ВСТУП

Підготовка сучасних, високоєрудованих 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.

В результаті вивчення дисципліни «Теорія процесів зварювання-2. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні» студент повинен знати: фізичні процеси перетворення енергії джерел живлення, фізико-хімічні процеси формування хімічного складу металу шва, фізичні процеси утворення зварного з'єднання, методи управління ефективністю використання джерел тепла і технологічні властивості джерел тепла, методи управління плавленням і переносом електродного металу, принцип саморегулювання дугового зварювання, ефективність плавлення основного металу, процеси утворення газової фази, методику термодинамічного аналізу фізико-хімічних процесів, вплив газової фази на властивості зварного шва і методи його захисту від повітря, процеси утворення і властивості шлакової фази, механізм взаємодії шлак-метал, розкислення і рафінування металу шва, загальні основи кристалізації металу і сплаву, методи управління кристалізацією металу шва, мікро- і макродефекти кристалізації та загальні методи їх запобігання.

Дане навчальне видання служить інструктивно-методичним матеріалом для самостійної підготовки студентів до модульних контрольних робіт з дисципліни «Теорія процесів зварювання-2. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні».

1. Загальні положення

Модульний контроль з дисципліни проводиться з метою закріплення теоретичних знань, здобутих протягом семестру.

Він складається з 2 модульних контрольних робіт (МКР), тривалістю 30 хвилин кожна. Завдання контрольних робіт складаються з теоретичних питань за матеріалами лекційного курсу та проведених лабораторних робіт.

Методичні вказівки включають в себе перелік питань, які виносяться на модульний контроль.

При підготовці до модульних контрольних робіт, окрім засвоєння матеріалу відповідних лекцій та самостійних робіт, необхідно також користуватись наданим переліком літератури, що є базою для розширення знань та навичок з даної дисципліни.

Модульний контроль проводиться двічі за семестр напередодні першої та другої атестації і базується на відповідній кількості годин лекційних занять та СРС. При цьому на модульний контроль можуть виноситися питання як прочитаних лекцій, так і проведених лабораторних і практичних робіт.

Ваговий бал кожної контрольної роботи $r_{\text{МКР}} = 5$.

Кожна контрольна робота складається з п'яти коротких теоретичних питань. За правильні відповіді на кожне з цих питань студент отримує 1 бал, за неправильну або неповну відповідь – 0 балів. Разом це дає такий розподіл балів за кожну контрольну роботу:

«відмінно» — 5 балів;

«добре» — 4 бали;

«задовільно» — 3 бали;

«незадовільно» — 0 балів.

2. Інструктивно-методичні матеріали до модульного контролю

При проведенні МКР з дисципліни «Теорія процесів зварювання-2. Фізико-хімічні та металургійні процеси при зварюванні» можна використувати наступні теоретичні питання:

1. Що називають реакційною зоною зварювання?
2. Назвіть основні складові типової реакційної зони зварювання.
3. Які області (фази) прийнято виділяти окремо в реакційній зоні зварювання?
4. Які компоненти складають тверду фазу реакційної зони зварювання?
5. Які компоненти складають рідку фазу реакційної зони зварювання?
6. Які компоненти складають газову фазу реакційної зони зварювання?
7. Які є головні специфічні особливості умов протікання взаємодій у реакційній зоні зварювання?
8. Які головні питання може висвітлити фізико-хімічний аналіз процесів у реакційній зоні зварювання?
9. Яке визначення зварюванню дає термодинаміка?
10. Хто і коли винайшов і ввів у наукове користування термін «термодинаміка»?
11. Назвіть головні закони термодинаміки.
12. Які межі існують для використання універсальних принципів термодинаміки?
13. Сукупність яких показників називають стандартними термодинамічними умовами?

14. Дайте визначення Першого начала термодинаміки.
15. Що називають в термодинамічному аналізі «термодинамічною системою»?
16. Що називають в термодинамічному аналізі «навколишнім середовищем»?
17. Що називають в термодинамічному аналізі «контрольною поверхнею»?
18. Що називають в термодинамічному аналізі «ізолюваною системою»?
19. Що називають в термодинамічному аналізі «закритою системою»?
20. Що називають в термодинамічному аналізі «відкритою системою»?
21. Що називають в термодинамічному аналізі «гомогенною системою»?
22. Що називають в термодинамічному аналізі «гетерогенною системою»?
23. Що називають в термодинамічному аналізі параметром стану»?
24. Що називають в термодинамічному аналізі «фазою»?
25. Що називають в термодинамічному аналізі «екстенсивними параметрами»?
26. Що називають в термодинамічному аналізі «інтенсивними параметрами»?
27. Що називають в термодинамічному аналізі «внутрішніми параметрами»?
28. Що називають в термодинамічному аналізі «зовнішніми параметрами»?

29. Що називають в термодинамічному аналізі «процесом»?
30. Що називають в термодинамічному аналізі «речовиною»?
31. Що називають в термодинамічному аналізі «енергією»?
32. Які процеси відносять до зворотних?
33. Які процеси відносять до незворотних?
34. Чи може бути самочинний процес зворотнім і чому?
35. Наведіть математичне тлумачення Першого начала термодинаміки.
36. Сформулюйте Наслідок Першого начала термодинаміки.
37. Визначте роботу термодинамічної системи в ізохорному процесі.
38. Визначте роботу термодинамічної системи в ізобарному процесі.
39. Визначте роботу термодинамічної системи в ізотермічному процесі.
40. Визначте роботу термодинамічної системи в адіабатичному процесі.
41. Як термодинаміка визначає тепловий ефект хімічних реакцій?
42. Сформулюйте Закон Гесса.
43. Наведіть наслідки Закону Гесса.
44. Сформулюйте Закон Кірхгофа стосовно теплового ефекту хімічної реакції.
45. Дайте визначення поняття теплоємності речовин.
46. Чому показник теплоємності є таким важливим в термохімічних розрахунках?
47. Дайте визначення поняття теплоємності в ідеальних термодинамічних процесах.

48. Яке співвідношення пов'язує теплоємності термодинамічної системи в ізобарному і в ізохорному процесах?
49. Які закономірності визначають теплоємність одноатомних газів?
50. Які закономірності визначають теплоємність багатоатомних газів?
51. Які закономірності визначають теплоємність твердих тіл?
52. Які закономірності визначають теплоємність рідин?
53. Наведіть кілька визначень Другого начала термодинаміки.
54. Наведіть математичний вираз Другого начала термодинаміки.
55. В чому полягає суть циклу Карно?
56. Яким є головний висновок з аналізу циклу Карно стосовно коефіцієнту корисної дії ідеальної теплової машини?
57. Яким чином з аналізу циклу Карно виводяться поняття приведенної теплоти та ентропії?
58. Які логічні перешкоди є щодо застосування поняття теплової смерті термодинамічної системи до всього спостережуваного світу?
59. Яким чином обчислюються значення зміни ентропії в термодинамічних процесах?
60. Дайте формулювання Теплової теореми Нернста.
61. На підставі яких суджень Тепловій теоремі Нернста присвоюють статус Третього начала термодинаміки?
62. Дайте математичний вираз термодинамічного потенціалу системи в ізохорному процесі.
63. Дайте математичний вираз термодинамічного потенціалу системи в ізобарному процесі.

64. Що називають вільною і зв'язаною енергією термодинамічної системи?
65. Наведіть термодинамічне визначення хімічної спорідненості.
66. Як обчислюється термодинамічний потенціал хімічних реагентів?
67. Як термодинаміка визначає ентальпії утворення хімічних елементів в стандартних термодинамічних умовах?
68. Наведіть математичний вираз формули Уліха. Для яких цілей вона використовується?
69. Дайте визначення хімічного потенціалу речовини в процесі з постійним тиском.
70. Чи може бути рівною нулю сума хімічних потенціалів реагуючих речовин?
71. Як обчислюється хімічний потенціал речовин?
72. Дайте визначення константи рівноваги хімічної реакції.
73. Дайте визначення рівнянню ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа.
74. Які показники пов'язує між собою рівняння ізотерми хімічної реакції Вант-Гоффа?
75. Дайте визначення числа компонентів термодинамічної системи.
76. Які параметри термодинамічної системи називають вільними або степенями свободи?
77. Яка залежність пов'язує між собою число вільних параметрів термодинамічної системи, число фаз і число компонентів у ній?
78. Як застосовують карбонати для захисту реакційної зони зварювання і як визначають температури їх розкладу?
79. Що називають ступенем дисоціації газу?

80. Які показники застосовують для характеристики розчинів і як їх класифікують?
81. Як визначається пружність пари розчинника над розчином?
82. Яким чином можна з термодинамічних характеристик речовини визначити температуру її кипіння?
83. Як впливає величина тиску на температуру кипіння речовини?
84. Як визначається пружність пари розчиненої речовини?
85. Наведіть формулювання Закону Генрі.
86. Наведіть формулювання Закону Рауля.
87. Які типи розчинів відносять до досконалих розчинів?
88. На які види поділяють реальні розчини?
89. Дайте визначення термодинамічної активності речовини в розчині.
90. Як відбувається взаємодія двох розчинів через спільну газову фазу?
91. Дайте визначення закону розподілу.
92. Які закономірності регулюють розчинність одноатомних газів у металах?
93. Які закономірності регулюють розчинність двоатомних газів у металах?
94. Дайте визначення Закону Сівертса.
95. Які закономірності регулюють окислення металевих розплавів з газової фази?
96. Що називають розкисленням?
97. За якими речовинами закріпився термін «розкислювачі».
98. Як впливає парціальний тиск кисню в газовій фазі на процес окислення металу?
99. Що називають пружністю дисоціації оксиду?

100. Що таке є ряд спорідненості елементів до кисню і чому він різний при різних температурах?
101. Як знайти граничну температуру існування оксиду в чистому кисні і в атмосфері?
102. Як змінюється спорідненість металу до кисню при переході цього металу в розчин?
103. Що називають розкислювальною здатністю хімічного елемента?
104. Які елементи можуть служити розкислювачами при температурі 1800°C, при 2700°C?
105. Розкажіть про насичення металу зварювальної ванни киснем з газової фази.
106. Як впливає розчинений кисень на властивості металу зварного шва?
107. Розкажіть основні принципи взаємодії азоту з металом зварювальної ванни.
108. Як впливає наявність кисню в газовій фазі на розчинність азоту в металі зварювальної ванни?
109. Як впливає розчинений азот на властивості металу зварного шва?
110. Що розуміють під старінням металу, насиченого азотом?
111. Назвіть можливі шляхи боротьби зі шкідливим впливом азоту на метал зварного шва.
112. Розкажіть основні принципи взаємодії водню з металом зварювальної ванни.
113. В яких специфічних одиницях вимірюється кількість розчиненого в металі водню і чому?

114. Охарактеризуйте відмінності в явищах, які позначаються термінами «дифузійний» і «залишковий» водень.
115. Які види захисту металу зварювальної ванни від повітря ви знаєте?
116. Який показник застосовують для характеристики якості та надійності захисту металу зварного шва від повітря?
117. Розкажіть про газовий захист реакційної зони зварювання.
118. Як працює газошлаковий захист реакційної зони зварювання від повітря?
119. Які головні інгредієнти входять до складу електродних покриттів?
120. Як класифікують компоненти електродних покриттів?
121. Як класифікують зварювальні електроди?
122. Які компоненти входять до складу рудно-кислих електродних покриттів?
123. Які компоненти входять до складу фтористо-кальцієвих електродних покриттів?
124. Які компоненти входять до складу рутилових електродних покриттів?
125. Які компоненти входять до складу органічних електродних покриттів?
126. Який вид захисту реакційної зони зварювання формує порошковий дріт?
127. В чому полягає суть шлакового захисту реакційної зони зварювання?
128. Як класифікують зварювальні флюси?
129. Які головні компоненти входять до складу зварювальних флюсів?

130. Розкажіть про основні принципи кристалічної будови речовин.
131. Що називають електровід'ємністю.
132. Дайте визначення ковалентного зв'язку.
133. Дайте визначення іонного зв'язку.
134. Дайте визначення молекулярного зв'язку.
135. Дайте визначення металічного зв'язку.
136. Які ознаки лужності чи кислотності шлаку?
137. Які структурні одиниці залежно від співвідношення кисню і кремнію утворюються в силікатних розплавах?
138. В чому полягає суть молекулярної теорії будови шлаків?
139. В чому полягає суть іонної теорії будови шлаків?
140. Назвіть основні фізико-хімічні властивості зварювальних шлаків.
141. Як визначається густина зварювальних шлаків і на що впливає цей показник?
142. Як визначається в'язкість зварювальних шлаків і на що впливає цей показник?
143. Як визначається поверхневий натяг зварювальних шлаків і на що впливає цей показник?
144. Як визначається міжфазний натяг на границі шлак-метал зварювальних шлаків і на що впливає цей показник?
145. Як визначає іонна теорія будови шлаків взаємодію на границі шлак-метал?
146. Розкажіть про принципи легування металу зварювальної ванни.
147. Розкажіть про принципи рафінування металу зварювальної ванни.

148. Які показники найбільше впливають на коефіцієнти переходу легуючих елементів?
149. Розкажіть про шкідливий вплив сірки на властивості зварного шва.
150. Розкажіть про шляхи запобігання попаданню сірки в реакційну зону зварювання.
151. Розкажіть про шкідливий вплив фосфору на властивості зварного шва.
152. Розкажіть про шляхи запобігання попаданню фосфору в реакційну зону зварювання.
153. Чим розрізняються між собою гомогенна і гетерогенна кристалізація?
154. Як впливає величина переохолодження на процес кристалізації?
155. Чому чисті метали кристалізуються при певній температурі, а сплави – в інтервалі температур?
156. Чому для початку кристалізації потрібне переохолодження?
157. Які є головні особливості кристалізації металу при зварюванні?
158. Чи буває кристалізація металу при зварюванні рівноважною?
159. Розкажіть про принципи утворення концентраційного переохолодження.
160. Які різні типи кристалізації металу можуть сформуватись залежно від величини концентраційного переохолодження?
161. При яких умовах ймовірність утворення гілчастої дендритної структури більша і чи корисно це для якості металу шва?
162. Які є методи управління первинною кристалізацією металу шва?

163. Які причини можуть викликати появу пор в металі зварного шва?
164. Які заходи запобігання появі пор при зварюванні низьковуглецевих сталей є найбільш ефективними?
165. Які причини можуть викликати появу неметалевих включень в металі зварного шва?
166. Як можна запобігти появі неметалічних включень в зварному шві?
167. Як класифікуються тріщини в зварних швах?
168. Які види тріщин відносяться до гарячих?
169. Які види тріщин відносяться до холодних?
170. Чим відрізняються між собою кристалізаційні і підсолідусні тріщини?
171. Що називають технологічною міцністю матеріалу?
172. Розкажіть про температурний інтервал крихкості.
173. Як впливає швидкість охолодження на положення лінії температур солідусу?
174. Які причини можуть викликати появу підсолідусних (полігонізаційних) тріщин?
175. Який вид тріщин відносять до холодних?
176. Розкажіть про гартівну гіпотезу утворення холодних тріщин.
177. Розкажіть про водневу гіпотезу утворення холодних тріщин.
178. Як впливає швидкість охолодження на показники пластичності металу навколошовної зони?
179. Охарактеризуйте можливі шляхи і способи запобігання появі холодних тріщин при зварюванні.
180. Розкажіть про методику розрахунку температури попереднього підігрівання за Д. Сеферіаном.

181. Дайте визначення поняттю «еквівалентний вуглець». Для чого застосовується цей показник?
182. Яким є механізм позитивного впливу попереднього підігрівання на стійкість зварного з'єднання до утворення тріщин?
183. Охарактеризуйте узагальнену схему Зінера появи холодних тріщин при зварюванні.

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.,Тумарев 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.