

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТАЛИ І ЗВАРЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Методичні вказівки
до виконання індивідуального завдання
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Київ 2024

УДК 621.791
М54

Укладачі: В.О. Шаленко, канд. техн. наук, доцент;
Б.В. Корнійчук, канд. техн. наук, доцент;
А.А. Маслюк, асистент

Рецензент Д.А. Паламарчук, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск К.І. Почка, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри професійної освіти,
протокол № 11 від 28 лютого 2024 року.*

В авторській редакції.

Метали і зварювання у будівництві: методичні вказівки до виконання індивідуального завдання / уклад.: В.О. Шаленко, Б.В. Корнійчук, А.А. Маслюк. – Київ: ЦП «Компринт», 2024. – 44 с.

Містять загальні положення, завдання, вимоги до їх виконання та вихідні данні, а також пояснення щодо виконання індивідуального завдання.

Призначено для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Київського національного університету будівництва і архітектури.

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Виконання передбаченого у методичних вказівках індивідуального завдання має за мету поглибити знання і вміння студентів, майбутніх фахівців інженерів-будівельників, які навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» у галузі металознавства і зварювання.

При вивченні дисципліни «Метали і зварювання у будівництві» індивідуальне завдання виконують студенти всіх форм навчання. Форма індивідуального завдання – контрольна робота. Орієнтовний об'єм роботи 8 - 15 сторінок рукописного (друкованого) тексту на аркушах формату А4. Номер варіанту видає викладач.

До складу методичних вказівок входять загальні положення, завдання, вихідні дані для індивідуального завдання, креслення конструкцій, методика щодо виконання роботи, а також додатки і список використаної літератури.

Вихідні дані для індивідуального завдання містять питання з розділу матеріалознавства, зварювання та інших технологічних обробок. У ролі конструкцій запропоновані зварні вузли, характерні для майбутнього основного фаху студентів з розмірами і означеннями зварних швів.

Методика виконання третього питання по визначенню характеристик сталей і параметрів процесу ручного дугового зварювання вміщує порядок виконання роботи і пояснення щодо термінів та розкриття сутності відповідей студента. Додатки до методичних вказівок містять довідкові дані, необхідні для виконання роботи з цього розділу. В разі потреби студент може застосовувати навчальну і додаткову літературу, перелік якої наведений у кінці методичних вказівок.

В результаті виконання індивідуального завдання студент засвоює теоретичні аспекти з основ матеріалознавства і технологічних обробок та практичні навички по аналізу конструкційних матеріалів і проектуванню технології ручного дугового зварювання, що застосовуються в будівництві.

ВИМОГИ ЩОДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

1. Роботу необхідно представляти на листах формату А4, де на обкладинці повинні бути указані прізвище, ініціали, спеціальність, шифр (номер залікової книжки), найменування дисципліни, номери питань індивідуального завдання. Роботу можна виконувати письмово від руки або в електронному варіанті.

2. На кожному листі необхідно залишати поля для зауважень викладача, що перевіряє роботу.

3. Оформлення відповідей необхідно починати з подання умови питання. Відповіді треба давати в тій послідовності, у якій поставлені контрольні питання.

4. Виконання графіків, діаграм, рисунків повинне бути акуратним і відповідати встановленим стандартам. Роботи, підготовлені недбало, не розглядаються.

5. Відповіді повинні бути конкретними, чіткими, вичерпними і, по можливості, короткими, причому стислість відповіді не повинна бути на перешкоді її якості.

6. Якщо студент не може відповісти на будь яке питання, він повинен звернутися за консультацією до викладача.

7. При виконанні роботи необхідно посилатися на літературні джерела, назви яких варто вказати наприкінці роботи.

8. Варіант індивідуального завдання видається викладачем.

ВАРІАНТИ І НОМЕРИ ЗАПИТАНЬ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ*Таблиця 1*

Номер варіанта	Номери запитань		
	1	2	3
1	1	34	53.1
2	2	35	53.2
3	3	36	53.3
4	4	37	53.4
5	5	38	53.5
6	6	39	53.6
7	7	40	53.7
8	8	41	53.8
9	9	42.1	53.9
10	10	42.2	53.10
11	11	42.3	53.11
12	12	42.4	53.12
13	13	42.5	53.13
14	14	42.6	53.14
15	15	42.7	53.15
16	16	42.8	53.16
17	17.1	42.9	53.17
18	17.2	42.10	53.18
19	17.3	42.11	53.19
20	17.4	42.12	53.20
21	17.5	42.13	53.21
22	17.6	42.14	53.22
23	17.7	42.15	53.23
24	17.8	42.16	53.24
25	17.9	42.17	53.25

Продовження табл. 1

Номер варіанта	Номери запитань		
	1	2	3
26	17.10	42.18	53.26
27	17.11	42.19	53.27
28	17.12	43	53.28
29	17.13	44	53.29
30	17.14	45	53.30
31	17.15	46	53.31
32	17.16	47	53.32
33	17.17	48	53.33
34	17.18	49	53.34
35	17.19	50	53.35
36	17.20	51	53.36
37	17.21	52	53.37
38	17.22	34	53.38
39	17.23	35	53.39
40	17.24	36	53.40
41	18	37	53.41
42	19	38	53.42
43	20	39	53.43
44	21	40	53.44
45	22	41	53.45
46	23.1	42.1	53.46
47	23.2	42.2	53.47
48	23.3	42.3	53.48
49	23.4	42.4	53.49
50	23.5	42.5	53.50

Продовження табл. 1

Номер варіанта	Номери запитань		
	1	2	3
51	23.6	42.6	53.51
52	23.7	42.7	53.52
53	23.8	42.8	53.53
54	23.9	42.9	53.54
55	23.10	42.10	53.55
56	23.11	42.11	53.56
57	23.12	42.12	53.57
58	23.13	42.13	53.58
59	23.14	42.14	53.59
60	23.15	42.15	53.60
61	23.16	42.16	53.61
62	23.17	42.17	53.62
63	23.18	42.18	53.63
64	23.19	42.19	53.64
65	23.20	43	53.65
66	23.21	44	53.66
67	23.22	45	53.67
68	23.23	46	53.68
69	23.24	47	53.69
70	24	48	53.70
71	25	49	53.71
72	26	50	53.72
73	27	51	53.73
74	28	52	53.74
75	29	34	53.75

Продовження табл. 1

Номер варіанта	Номери запитань		
	1	2	3
76	30	35	53.76
77	31.1	36	53.77
78	31.2	37	53.78
79	31.3	38	53.79
80	31.4	39	53.80
81	32.1	40	53.81
82	32.2	41	53.82
83	32.3	42.1	53.83
84	32.4	42.2	53.84
85	32.5	42.3	53.85
86	32.6	42.4	53.86
87	32.7	42.5	53.87
88	32.8	42.6	53.88
89	32.9	42.7	53.89
90	32.10	42.8	53.90
91	32.11	42.9	53.91
92	32.12	42.10	53.92
93	32.13	42.11	53.93
94	32.14	42.12	53.94
95	32.15	42.13	53.95
96	32.16	42.14	53.96
97	32.17	42.15	53.97
98	32.18	42.16	53.98
99	32.19	42.17	53.99
100	32.20	42.18	53.100

Продовження табл. 1

Номер варіанта	Номери запитань		
	1	2	3
101	32.21	42.19	53.101
102	32.22	43	53.102
103	32.23	44	53.103
104	32.24	45	53.104
105	32.25	46	53.105
106	32.26	47	53.106
107	32.27	48	53.107
108	33.1	49	53.108
109	33.2	50	53.109
110	33.3	51	53.110
111	33.4	52	53.111
112	33.5	34	53.112
113	33.6	35	53.113
114	33.7	36	53.114
115	33.8	37	53.115
116	33.9	38	53.116
117	33.10	39	53.117
118	33.11	40	53.118
119	33.12	41	53.119
120	33.13	42.1	53.120
121	33.14	42.2	53.121
122	33.15	42.3	53.122
123	33.16	42.4	53.123
124	33.17	42.5	53.124
125	33.18	42.6	53.125

Закінчення табл. 1

Номер варіанта	Номери запитань		
	1	2	3
126	33.19	42.7	53.126
127	33.20	42.8	53.127
128	33.21	42.9	53.128
129	33.22	42.10	53.129
130	33.23	42.11	53.130
131	33.24	42.12	53.131
132	33.25	42.13	53.132
133	33.26	42.14	53.133
134	33.27	42.15	53.134
135	33.28	42.16	53.135
136	1	42.17	53.136
137	2	42.18	53.137
138	3	42.19	53.138
139	4	43	53.139
140	5	44	53.140
141	6	45	53.141
142	7	46	53.142
143	8	47	53.143
144	9	48	53.144
145	10	49	53.145
146	11	50	53.146
147	12	51	53.147
148	13	52	53.148
149	14	34	53.149
150	15	35	53.150

ЗАПИТАННЯ ДО ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ

1. Коротко опишіть ідеальну і реальну атомно-кристалічну будову металів, а також характерні дефекти кристалічних решіток. Поясніть різницю між ідеальною і реальною міцністю металів, дайте необхідні схеми.

2. Коротко опишіть процес кристалізації металу. Поясніть різницю між первинною і вторинною кристалізацією. Опишіть і покажіть на схемах особливості будови металевих зливок. Укажіть дефекти зливок, та методи боротьби з ними, дайте способи розливання металів і сплавів.

3. Коротко викладіть основи будови сталі. Намалюйте кристалічні решітки α , β , та γ – заліза, а також криві охолодження заліза і сталі У8. Поясніть сутність критичних точок на цих кривих.

4. Наведіть основні міцнісні характеристики металів при статичних іспитах. Теоретичні й практичні методи визначення цих характеристик. Наведіть приклади сталей (із розшифровкою їхніх марок) і опишіть їхні міцнісні характеристики.

5. Наведіть основні міцнісні характеристики при ударних і знакозмінних навантаженнях. Теоретичні й практичні методи визначення цих характеристик. Наведіть приклади сталей (з розшифровкою їхніх марок) і укажіть їхні основні міцнісні характеристики.

6. Що таке твердість металічних матеріалів? Опишіть методи визначення твердості, їхньої області застосування. Наведіть приклади сталей (з розшифровкою їх марок) і укажіть їхню твердість. Які існують методи підвищення твердості?

7. Намалюйте діаграму стану «Залізо – вуглець», укажіть структурні складові залізобуглецевих сплавів і їхні властивості. Дайте характеристику лініям діаграми. Опишіть основні сплави заліза з вуглецем і їхні характеристики, наведіть приклади марок.

8. Дайте ескізи й опишіть будову зливок киплячої, напівспокійної і спокійної сталі, отриманих при розливанні сталі у виливниці. Наведіть приклади марок цих сталей і поясніть область їхнього застосування.

9. Опишіть призначення й основні види відпалу сталі. Накресліть частину діаграми стану «Залізо – вуглець» і нанесіть на неї зони нагрівання сталі при різних видах відпалу. Наведіть приклади марок сталей для різних видів відпалу (із розшифровкою).

10. Опишіть процес нормалізації сталі, його призначення й область застосування. Намалюйте частину діаграми стану «Залізо – вуглець» і нанесіть на неї зони нагрівання сталі при нормалізації. Наведіть приклади нормалізуємих сталей (із розшифровкою їхніх марок).

11. Опишіть процес гартування вуглецевих сталей та його призначення. Охарактеризуйте способи гартування. Намалюйте частину діаграми стану «Залізо – вуглець» із нанесенням зон нагрівання при гартуванні доєвтектоїдних і заєвтектоїдних сталей. Дайте характеристику структури й властивостей загартованої сталі. Наведіть приклади марок сталей для різних способів гартування.

12. Опишіть загартовуваність і прогартовуваність сталі. Наведіть приклади сталей з різною загартовуваністю і прогартовуваністю (із розшифровкою їхніх марок). Укажіть методи підвищення прогартовуваністі сталі.

13. Опишіть призначення й види відпусків. Намалюйте частину діаграми стану «Залізо – вуглець» із нанесенням зон нагрівання при різних видах відпусків. Дайте характеристику структур і властивостей сталі після відпуску. Наведіть приклади марок сталей для різних видів відпуску.

14. Коротко опишіть методи поверхневого зміцнення конструкційних сталей. Їхні відмінності й область застосування. Наведіть приклади зміцнення арматурних сталей (із розшифровкою їхніх марок).

15. Наведіть класифікацію вуглецевих конструкційних сталей за різними ознаками. Дайте приклади марок сталей, їхній хімічний склад, механічні властивості, принципи маркірування й область застосування. Наведіть приклади позначення конструкційних сталей на кресленнях.

16. Наведіть марки будівельних сталей, укажіть вимоги до них. Опишіть їхні механічні і технологічні властивості. Зробіть розшифровку хімічного складу і механічних властивостей не менше трьох марок сталі (на вибір). Для вмісту вуглецю 0,20 % у сплаві накресліть зразкову його структуру. Які способи термічної обробки використовують для будівельних сталей і в яких випадках?

17. Накресліть діаграму стану «Залізо – вуглець» і укажіть вертикальною лінією заданий сплав. Накресліть структуру сплаву, його криву охолодження і поясніть її критичні точки: з описанням структурних і фазових перетворень у сплаві при охолодженні.

Таблиця 2

№ запитання	Структура сплаву	Відсоток вмісту структурної складової	№ запитання	Структура сплаву	Відсоток вмісту структурної складової
17.1	Перліт-ферит	перліт – 25 %	17.13	Перліт-цементит-ледебурит	ледебурит – 10 %
17.2	Перліт-ферит	перліт – 40 %	17.14	Перліт-цементит-ледебурит	ледебурит – 20 %
17.3	Перліт-ферит	перліт – 60 %	17.15	Перліт-цементит-ледебурит	ледебурит – 40 %
17.4	Перліт-ферит	перліт – 70 %	17.16	Перліт-цементит-ледебурит	ледебурит – 50 %
17.5	Перліт-ферит	перліт – 80 %	17.17	Перліт-цементит-ледебурит	ледебурит – 70 %
17.6	Перліт-ферит	перліт – 90 %	17.18	Перліт-цементит-ледебурит	ледебурит – 90 %
17.7	Перліт-цементит	цементит – 5 %	17.19	Ледебурит-цементит	ледебурит – 10 %
17.8	Перліт-цементит	цементит – 10 %	17.20	Ледебурит-цементит	ледебурит – 20 %
17.9	Перліт-цементит	цементит – 15 %	17.21	Ледебурит-цементит	ледебурит – 40 %
17.10	Перліт-цементит	цементит – 20 %	17.22	Ледебурит-цементит	ледебурит – 50 %
17.11	Перліт-цементит	цементит – 25 %	17.23	Ледебурит-цементит	ледебурит – 70 %
17.12	Перліт-цементит	цементит – 30 %	17.24	Ледебурит-цементит	ледебурит – 90 %

18. Укажіть приклади марок сталей, що піддаються цементації. Розшифруйте марки наведених сталей з поданням хімічного складу. Коротко опишіть технологічні процеси цементації, з прикладами деталей. Охарактеризуйте структуру, склад і властивості поверхневого шару та основи деталі (до цементації, після цементації і після термообробки). Поясніть, чому і яку необхідно виконувати термічну обробку після цементації.

19. Накресліть діаграму ізотермічного перетворення аустеніту сталі У8, а також наведіть її характеристику (хімічний склад, властивості тощо). Поясніть, чому не можна одержати мартенситну структуру при охолодженні сталі зі швидкістю меншою, ніж критична швидкість охолодження. Опишіть процеси одержання перліта, сорбіта і троостита, дайте їх визначення і характеристику.

20. Укажіть приклади марок сталей, що піддаються нітроцементації, а також розшифруйте їхній склад. Коротко опишіть технологію процесу. Наведіть приклади деталей. Охарактеризуйте структуру, склад і властивості поверхневого шару та основи деталі до і після нітроцементації, а також після термообробки. Поясніть чому і яку необхідно виконувати термічну обробку.

21. Укажіть приклади марок сталей, що піддаються азотуванню, а також розшифруйте їхній склад. Коротко опишіть технологію процесу. Наведіть приклади деталей. Охарактеризуйте структуру, склад і властивості поверхневого шару до і після азотування. Опишіть застосування термообробки в технологічному процесі азотування, поясніть її необхідність.

22. Опишіть технологію одержання твердих сплавів, їхню структуру, властивості, маркірування й застосування з конкретною вказівкою марок для окремих видів обробки. Наведені марки твердих сплавів розшифруйте.

23. Наведіть характеристику чавуна (марка вказана в табл. 3) і технологічну послідовність одержання чавунних деталей. Опишіть та замалюйте структуру. Наведіть приблизний хімічний склад механічні та технологічні властивості, а також конкретні приклади деталей, що відливаються.

24. Укажіть ливарні сплави на мідній, алюмінієвій, магнієвій і титановій основах, наведіть приклади їхніх марок і розшифруйте склади. Укажіть для кожного з перерахованих сплавів застосовувані способи лиття.

Таблиця 3

№ запитання	Чавун	№ запитання	Чавун	№ запитання	Чавун
23.1	СЧ 10	23.9	КЧ 30-6	23.17	ВЧ 350-22
23.2	СЧ 15	23.10	КЧ 33-8	23.18	ВЧ 400-15
23.3	СЧ 20	23.11	КЧ 37-12	23.19	ВЧ 450-10
23.4	СЧ 25	23.12	КЧ 45-7	23.20	ВЧ 500-7
23.5	СЧ 30	23.13	КЧ 50-5	23.21	ВЧ 600-3
23.6	СЧ 35	23.14	КЧ 60-3	23.22	ВЧ 700-2
23.7	СЧ 40	23.15	КЧ 70-2	23.23	ВЧ 900-2
23.8	СЧ 45	23.16	КЧ 80-1,5	23.24	ВЧ 1000-2

25. Опишіть властивості й марки деформованих алюмінієвих сплавів, а також технологію виготовлення деталей з них з необхідною термообробкою та конкретними прикладами продукції.

26. Наведіть сортамент, марки і характеристику деформованих сплавів на мідній основі та методи їхнього зміцнення.

27. Опишіть стрижневі арматурні сталі гарячекатані без зміцнення. Наведіть класифікацію, сортамент, профілі, марки сталі. Дайте способи одержання, структури, область застосування.

28. Опишіть стрижневі арматурні сталі гарячекатані, що термічно зміцнюються. Наведіть класифікацію, сортамент, профілі, марки сталі. Дайте способи одержання й зміцнення, структури, область застосування.

29. Опишіть дротяні арматурні сталі. Наведіть класифікацію, сортамент, профілі, марки сталі. Дайте способи одержання і зміцнення, структури, область застосування.

30. Опишіть леговані конструкційні сталі, принципи маркірування, класифікацію, групи сталей, що використовуються в будівництві. Наведіть приклади марок сталей до кожної групи, укажіть їх склад, властивості, структуру і необхідну термообробку.

31. Для виготовлення деталей обраний матеріал (зазначений у табл. 4):

а) розшифруйте склад і визначите, до якої групи відноситься зазначена сталь за призначенням;

б) призначте режим термообробки (чи іншого виду обробки), наведіть його обґрунтування, указавши на перетворення, що відбуваються на всіх етапах обробки;

в) опишіть мікроструктуру до і після обробки.

Таблиця 4

№ запитання	Матеріал	Деталі
31.1	Сталь 60 Г	Пружини з високою пружністю
31.2	20Х	Шестерні з поверхневою твердістю HRC 62 ÷ 64
31.3	40ХФА	Важелі з підвищеною твердістю по всьому перетину
31.4	60С2А	Ресори з високою пружністю

32. Для кожного варіанту указані марки сталей (марка вказана в табл. 5). Кожна сталь загартована з безперервним охолодженням після нагрівання до трьох різних температур: T_1 , T_2 , T_3 :

а) побудуйте сталевий кут діаграми стану $Fe - Fe_3C$ і нанесіть ці температурні точки для заданої сталі;

б) для кожної з трьох температур опишіть структурні перетворення, які відбуваються в сталі при гартуванні;

в) аналізуючи структури і, відповідно, властивості при гартуванні з різних температур для даної сталі, визначте одну (оптимальну) температуру нагрівання і обґрунтуйте свій вибір.

г) чому дві інші температури не задовольняють умови гартування?

Таблиця 5

Номер варіанта	Марка сталі	Температура нагрівання, °С		
		T ₁	T ₂	T ₃
1	30	780	870	1200
2	35	770	860	1200
3	40	770	850	1150
4	45	760	840	1100
5	50	760	830	1100
6	55	750	820	1100
7	58	745	815	1050
8	60	740	810	1050
9	65	735	800	1050
10	70	700	790	1000
11	75	700	780	1000
12	80	700	770	1000
13	85	700	780	1000
14	ВСт5сп	775	865	1200
15	ВСт6сп	765	845	1100
16	У7	700	790	1000
17	У8	700	770	1000
18	У9	700	790	1050
19	У10	740	810	1050
20	60Г	740	810	1050
21	70Г	700	790	1000
22	У8А	700	770	1000
23	У9А	700	790	1000
24	У10А	740	820	1050
25	У11А	760	840	1100
26	У12	770	860	1150
27	У13	780	880	1200

33. Використовуючи діаграму стану $Fe - Fe_3C$, виберіть температуру гартування для сталі, заданої згідно із номером варіанту (марка вказана в табл. 6).

За графіком (рис.1) виберіть температуру відпуску для одержання заданої твердості.

Опишіть структурні і фазові перетворення, які відбувались у сталі в процесі гартування і відпуску.

Таблиця 6

Номер варіанта	Марка сталі	HRC	Номер варіанта	Марка сталі	HRC
1	У12	30	15	60	60
2	У12	35	16	60	42
3	У12	40	17	35	20
4	У12	45	18	35	25
5	У12	50	19	35	30
6	У12	55	20	35	35
7	У12	60	21	35	40
8	У12	65	22	35	45
9	60	25	23	35	50
10	60	30	24	35	52
11	60	35	25	35	22
12	60	40	26	60	52
13	60	45	27	60	55
14	60	50	28	60	57

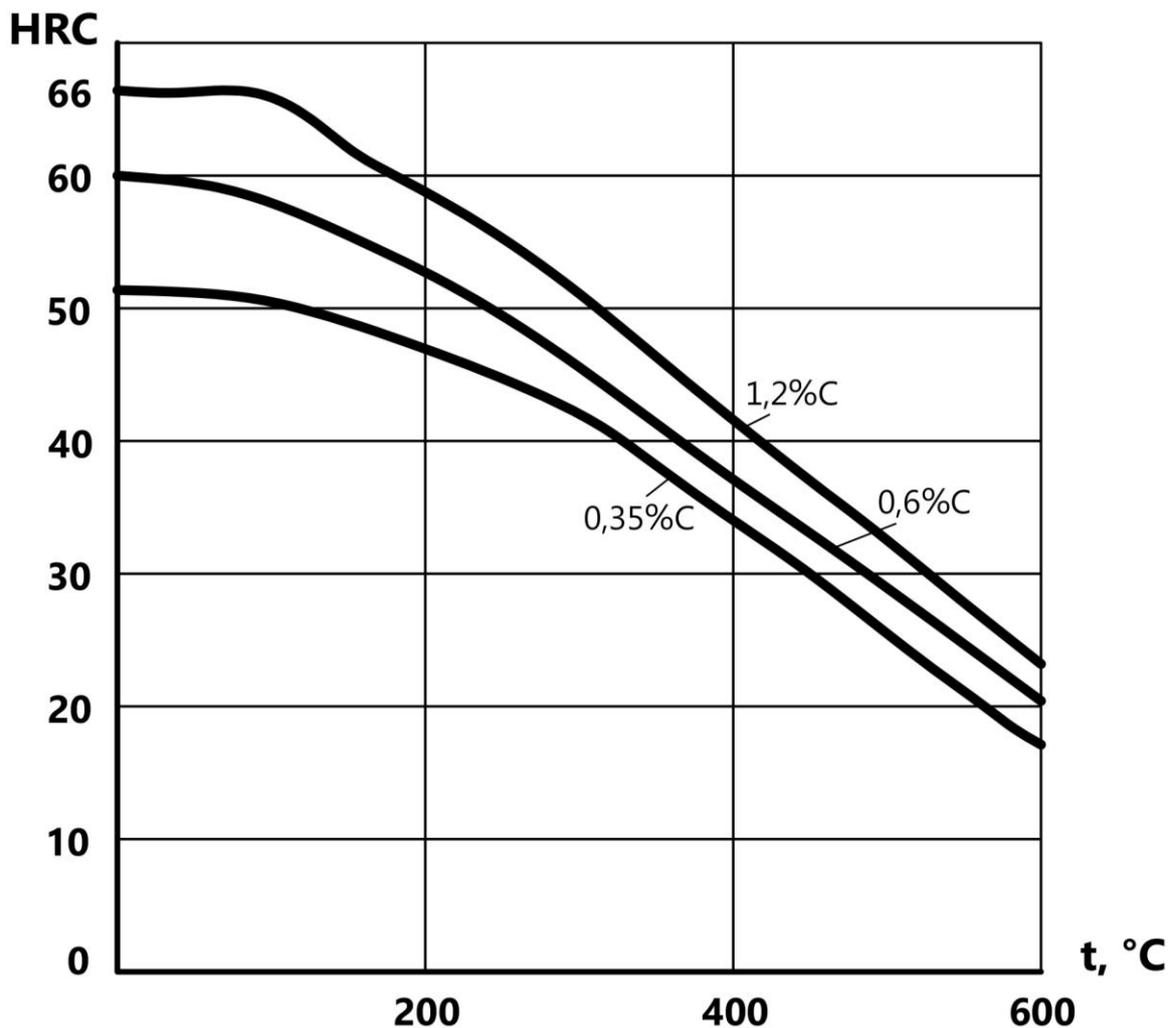


Рисунок 1. Зміна твердості загартованих сталей після відпуску.

34. Опишіть фізичну сутність зварювання. Його переваги та недоліки. Дайте класифікацію видів і способів зварювання за різними ознаками. Наведіть приклади марок металічних матеріалів для кожного способу з розшифруванням.

35. Що називається зварюваністю металічних матеріалів, від чого вона залежить і як визначається? Показники попередньої оцінки і методи випробовувань. Наведіть приклади марок сталей з різною зварюваністю.

36. Опишіть металургійні і термічні процеси, які проходять при зварюванні металів. Як вони діють на якість зварного з'єднання?

37. Опишіть класифікацію зварних з'єднань і види розробки кромки сталевих заготовок. Дайте відповідні ескізи з прикладами зазначення зварних швів.

38. Що таке електрична дуга, які її фізична сутність, види, структура і властивості, як розподіляється теплова енергія при зварюванні

при постійному струмі. Дайте поняття про статичну характеристику дуги, наведіть схему.

39. Поясніть сутність і область застосування дугового зварювання при постійному та змінному струмі. За якими критеріями вибирають рід струму та полярність. Наведіть приклад марок сталей, відповідно, зварюваність.

40. Опишіть джерела живлення зварювальної дуги при використанні змінного та постійного струму, вимоги до них. Якою може бути зовнішня характеристика джерел живлення, в яких випадках використовуються, їхні електричні параметри? Наведіть приклади марок сталей, що зварюються різними джерелами живлення, дайте їхню зварюваність.

41. Що таке зона термічного впливу при зварюванні, її будова і величина для різноманітних способів зварювання? Її особливості для різних сталей за хімічним складом. Назвіть приклади марок сталей, їхню зварюваність, варіанти термообробки зварних з'єднань.

42. Коротко опишіть технологічний процес. Укажіть його варіанти, обладнання, матеріали із зазначенням типів і марок і прикладами технічної характеристики, параметри режиму і критерії їх виробу, переваги, недоліки й область застосування. Наведіть приклади практичного використання процесу з поданням і розшифровкою декількох марок сталей, підрахуйте зварюваність. Дайте схеми процесів.

42.1. Ручне дугове зварювання.

42.2. Автоматичне зварювання під флюсом.

42.3. Напівавтоматичне зварювання під флюсом.

42.4. Напівавтоматичне і автоматичне зварювання в середовищі захисних газів.

42.5. Контактне стикове зварювання.

42.6. Контактне точкове зварювання.

42.7. Контактне шовне зварювання.

42.8. Електрошлакове зварювання.

42.9. Газове зварювання.

42.10. Газопресове зварювання.

42.11. Плазмове зварювання та різання.

42.12. Газокисневе різання.

42.13. Паяння.

42.14. Наплавлення.

42.15. Термітне зварювання.

42.16. Холодне зварювання, зварювання тертям, вибухом.

42.17. Дифузійне та ультразвукове зварювання.

42.18. Лазерне та електронно-променеве зварювання.

42.19. Вогневе різання.

43. Перечисліть основні дефекти зварних швів. Дайте ескізи цих дефектів і вкажіть причини їхнього виникнення. Дайте методи їхнього уникнення та боротьби з ними, наведіть відповідні марки сталі з розшифровкою.

44. Опишіть стадії і методи контролю зварних швів. Укажіть порядок контролю, обладнання й область застосування. Дайте необхідні схеми. Вкажіть відповідні марки сталей з розшифровкою й визначенням зварюваності.

45. Опишіть зварювання чавуна. Особливості технології, матеріали, область застосування. Опишіть вогневе різання чавунів. Наведіть марки чавунів з розшифровкою.

46. Опишіть процеси зварювання середньо і високолегованих сталей, технологію, матеріали, обладнання, режими, термічну обробку, особливості. Наведіть приклади марок сталей з розшифровкою. Підрахуйте їхню зварюваність.

47. Опишіть процеси зварювання міді та її сплавів, технологію, матеріали, обладнання, режими, термічну обробку, особливості. Наведіть приклади марок мідних сплавів з розшифровкою.

48. Опишіть процеси зварювання алюмінію та його сплавів, технологію, матеріали, обладнання, режими, термічну обробку, особливості. Наведіть приклади марок алюмінієвих сплавів з розшифровкою.

49. Опишіть процеси зварювання титану і магнію та їхніх сплавів, технологію, матеріали, обладнання, режими, термічну обробку, особливості. Наведіть приклади марок титанових та магнієвих сплавів з розшифровкою.

50. Опишіть процеси зварювання вуглецевих та низьколегованих (будівельних) сталей, технологію, матеріали, обладнання, режими, термічну обробку, особливості. Наведіть приклади низьколегованих (будівельних) сталей з розшифровкою. Підрахуйте їхню зварюваність.

51. Опишіть процеси зварювання арматурних сталей, технологію, матеріали, обладнання, режими, термічну обробку, особливості. Наведіть приклади марок арматурних сталей різних класів з розшифровкою. Підрахуйте їхню зварюваність.

52. Опишіть фактори, що спричиняють виникнення напружень і деформацій при зварюванні. Які особливості розподілу залишкових напружень в елементах зварних конструкцій, види зварних деформацій їх схеми і розрахунки, а також методи зменшення? Наведіть відповідні приклади марок металічних матеріалів з розшифровкою, підрахуйте зварюваність.

53. Визначить характеристики сталей і параметри процесу ручного електродугового зварювання для виготовлення будівельного виробу за такою послідовністю:

1. Дайте визначення термінам «зварювання» і «ручне дугове зварювання». Розкрийте фізико-хімічну суть процесу, устрій і склад електричної зварювальної дуги та накресліть схему дуги, звернувши увагу на її температуру.

2. Дайте визначення терміну «зварність». Для трьох марок сталей (за варіантом з табл. 7) розрахуйте вуглецевий еквівалент і за його значенням визначте, яка з цих сталей має кращу зварність. Які умови зварювання для кожної сталі. Виберіть найбільш придатну сталь для зварювання ручним дуговим способом, враховуючи її зварність, механічні властивості і хімічний склад. Розшифруйте кожну марку сталі.

3. За своїм варіантом намалюйте ескіз звареної деталі (рис. 2). Розшифруйте тип зварювального шва.

4. Намалюйте схему перерізу шва з усіма необхідними розмірами. Вкажіть у перерізі, який метал наплавлений, а який – розплавлений.

5. Підрахуйте масу металу, що наплавляється.

6. Визначте тип і марку електрода.

7. Визначте режими, продуктивність зварювання і діаметр електрода. Розрахуйте масу електродів, які потрібні для зварювання.

8. Підберіть джерело живлення для зварювання даної Вам деталі, запишіть його технічну характеристику.

9. Розрахуйте електроенергію, необхідну для зварювання.

10. Вкажіть можливі дефекти і найбільш доцільні методи їх виявлення.

Таблиця 7

Геометричні характеристики будівельних зварних виробів

№	Будівельний виріб	Геометричні параметри виробу			Марки сталей
		<i>D</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>S</i> , мм	
53.1	Рис. 1, а	300	500	2	20Х13, БСт3пс, 20
53.2	Рис. 1, а	400	600	3	ВСт4сп, 30, 16ГС
53.3	Рис. 1, а	500	700	14	15пс, 09Г2С, 25
53.4	Рис. 1, а	600	800	5	08Х18Н10Т, БСт2пс, 30Г
53.5	Рис. 1, а	700	900	16	ВСт3сп, 25ХГСА, 40Г
53.6	Рис. 1, а	800	1000	8	БСт5сп, 15ХСНД, 08
53.7	Рис. 1, а	900	1100	10	14Г2, Ст3Гпс, 30ХГС
53.8	Рис. 1, а	1000	1200	22	16Г2АФ, БСт4пс, 08Х13
53.9	Рис. 1, а	500	600	2	15Г2СФД, ВСт5пс, 10
53.10	Рис. 1, в		2000	3	ВСт6сп, 10Г2БД, 10ХСНД
53.11	Рис. 1, в		2200	4	ВСт2сп, 10Г2С1, 10ХНДП
53.12	Рис. 1, в		2400	5	14Г2АФ, 09Г2, 15Х
53.13	Рис. 1, в		2600	6	18Г2АФпс, 10пс, 20Г
53.14	Рис. 1, в		2800	8	18ХГТ, 15Г2АФДпс, Ст.6нсп
53.15	Рис. 1, в		3000	10	14ХГС, 17ГС, Ст.0
53.16	Рис. 1, в		3200	12	12МХ, 50, Ст.3сп
53.17	Рис. 1, в		3600	14	15Х28, 15, 08кп
53.18	Рис. 1, в		4000	16	12Х18Н9Т, Ст.4нсп, 20
53.19	Рис. 1, д		1000	2	20ХГСА, 10кп, 35
53.20	Рис. 1, д		1500	4	25Х1МФ, 45, Ст.2кп
53.21	Рис. 1, д		3000	5	12Х13, 15, 14Г
53.22	Рис. 1, д		3500	6	15ХФ, 10, БСт3пс
53.23	Рис. 1, д		4000	8	Ст.0, 08кп, 15ХСНД
53.24	Рис. 1, д		4500	10	08кп, 14Г, 12Х18Н9Т
53.25	Рис. 1, д		5000	12	10кп, Ст.6нсп, 10ХСНД
53.26	Рис. 1, д		5500	14	18Г2, 15, 40Х13
53.27	Рис. 1, д		6000	16	20, Ст.5, 15Г2СФ
53.28	Рис. 1, ж		1000	2	35, 14Г, 12Х18Н9Т
53.29	Рис. 1, ж		1200	3	40, Ст.0, 14ХГС
53.30	Рис. 1, ж		1400	4	45, 10Г2С, 10Х13

Продовження табл. 7

№	Будівельний виріб	Геометричні параметри виробу			Марки сталей
		<i>D</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>S</i> , мм	
53.31	Рис. 1, ж		1600	5	50, 18Г2, 20Х13
53.32	Рис. 1, ж		1800	6	08кп, Ст.6нсп, 40Х13
53.33	Рис. 1, ж		2000	8	12Х18Н9Т, 10кп, Ст.2кп
53.34	Рис. 1, ж		2200	10	15, Ст.5, 10Х13
53.35	Рис. 1, ж		2400	12	20, Ст.4нсп, 10Г2С
53.36	Рис. 1, ж		2600	14	35, 14Г, 12Х18Н9Т
53.37	Рис. 1, б	400	600	12	Ст.2кп, 15Г2СФ, 40
53.38	Рис. 1, б	500	700	3	Ст.3сп, 08кп, 10ХСНД
53.39	Рис. 1, б	600	800	4	Ст.0, 50, 15ХСНД
53.40	Рис. 1, б	1000	2000	10	Ст.4нсп, 10кп, 40Х13
53.41	Рис. 1, б	1500	3000	24	Ст.0, 08кп, 15ХСНД
53.42	Рис. 1, б	800	1200	6	08кп, 14Г, 12Х18Н9Т
53.43	Рис. 1, б	900	1500	18	10кп, Ст.6нсп, 10ХСНД
53.44	Рис. 1, г		4000	8	18Г2, 15, 40Х13
53.45	Рис. 1, г		4200	10	20, Ст.5, 15Г2СФ
53.46	Рис. 1, г		4400	12	35, 14Г, 12Х18Н9Т
53.47	Рис. 1, г		5000	14	40, Ст.0, 14ХГС
53.48	Рис. 1, г		6000	20	45, 10Г2С, 10Х13
53.49	Рис. 1, г		5600	18	50, 18Г2, 20Х13
53.50	Рис. 1, г		5400	16	08кп, Ст.6нсп, 40Х13
53.51	Рис.1, б	300	500	22	12Х18Н9Т, 10кп, Ст.2кп
53.52	Рис.1, б	400	600	3	15, Ст.5, 10Х13
53.53	Рис.1, б	500	700	24	20, Ст.4нсп, 10Г2С
53.54	Рис.1, б	600	800	5	35, 14Г, 12Х18Н9Т
53.55	Рис.1, а	700	900	6	Ст.2кп, 15Г2СФ, 40
53.56	Рис.1, а	800	1000	18	Ст.3сп, 08кп, 10ХСНД
53.57	Рис.1, а	900	1100	10	Ст.0, 50, 15ХСНД
53.58	Рис.1, а	1000	1200	26	Ст.4нсп, 10кп, 40Х13
53.59	Рис.1, а	500	600	2	10кп, Ст.6нсп, 10ХСНД
53.60	Рис.1, е	-	2000	3	18Г2, 15, 40Х13

Продовження табл. 7

№	Будівельний виріб	Геометричні параметри виробу			Марки сталей
		<i>D</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>S</i> , мм	
53.61	Рис.1, е	-	2200	4	25, 10Г2С, 10Х13
53.62	Рис.1, е	-	2400	5	40, Ст2пс, 14ХГС
53.63	Рис.1, е	-	2600	6	09Г2, 10ГТ, 12Х18Н9Т
53.64	Рис.1, е	-	2800	8	20, Ст3сп, 15Г2СФ
53.65	Рис.1, е	-	3000	10	14Г2, 15, 30Х13
53.66	Рис.1, е	-	3200	12	10пс, 15ГФ, 10ХСНД
53.67	Рис.1, е	-	3600	14	08пс, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.68	Рис.1, е	-	4000	16	10пс, 16ГС, 15ХСНД
53.69	Рис.1, з	-	1000	2	Ст4сп, 10ХНДП, 40Х13
53.70	Рис.1, з	-	1500	4	15Г2АФД, 15, 15ХСНД
53.71	Рис.1, з	-	3000	5	Ст3сп, 10Г2Б, 10ХСНД
53.72	Рис.1, з	-	3500	6	Ст2сп, 15Г2СФ, 12ГС
53.73	Рис.1, з	-	4000	8	25, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.74	Рис.1, з	-	4500	10	14ХГС, 08пс, 15ХСНД
53.75	Рис.1, з	-	5000	12	20, 15Г2АФД, 10Г2С
53.76	Рис.1, з	-	5500	14	15, 15ХСНД, 10Х13
53.77	Рис.1, з	-	6000	16	12Х18Н9Т, 15ГФ, 12ГС
53.78	Рис.1, в	-	1000	22	14ХГС, Ст2пс, 30Х13
53.79	Рис.1, г	-	1200	3	20, 18Г2, 20Х13
53.80	Рис.1, г	-	1400	24	25, 10Г2С, 10Х13
53.81	Рис.1, г	-	1600	5	10Г2Б, Ст3сп, 14ХГС
53.82	Рис.1, г	-	1800	16	15, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.83	Рис.1, г	-	2000	8	20, 10Г2С1, 15Г2СФ
53.84	Рис.1, г	-	2200	10	18Г2, 15, 30Х13
53.85	Рис.1, г	-	2400	22	10ГТ, Ст4сп, 10ХСНД
53.86	Рис.1, г	-	2600	14	08пс, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.87	Рис. 1, б	300	500	12	20Х13, БСт3пс, 20
53.88	Рис. 1, б	400	600	24	ВСт4сп, 30, 16ГС
53.89	Рис. 1, б	500	700	14	15пс, 09Г2С, 25
53.90	Рис. 1, б	600	800	18	08Х18Н10Т, БСт2пс, 30Г

Продовження табл. 7

№	Будівельний виріб	Геометричні параметри виробу			Марки сталей
		D, мм	L, мм	S, мм	
53.91	Рис. 1, б	700	900	16	ВСт3сп, 25ХГСА, 40Г
53.92	Рис. 1, б	800	1000	12	БСт5сп, 15ХСНД, 08
53.93	Рис. 1, б	900	1100	26	14Г2, Ст3Гпс, 30ХГС
53.94	Рис. 1, б	1000	1200	22	16Г2АФ, БСт4пс, 08Х13
53.95	Рис. 1, б	500	600	12	15Г2СФД, ВСт5пс, 10
53.96	Рис. 1, г		2000	26	ВСт6сп, 10Г2БД, 10ХСНД
53.97	Рис. 1, г		2200	14	ВСт2сп, 10Г2С1, 10ХНДП
53.98	Рис. 1, г		2400	12	14Г2АФ, 09Г2, 15Х
53.99	Рис. 1, г		2600	16	18Г2АФпс, 10пс, 20Г
53.100	Рис. 1, г		2800	18	18ХГТ, 15Г2АФДпс, Ст.6нсп
53.101	Рис. 1, г		3000	20	14ХГС, 17ГС, Ст.0
53.102	Рис. 1, г		3200	22	12МХ, 50, Ст.3сп
53.103	Рис. 1, г		3600	24	15Х28, 15, 08кп
53.104	Рис. 1, г		4000	26	12Х18Н9Т, Ст.4нсп, 20
53.105	Рис. 1, е		1000	22	20ХГСА, 10кп, 35
53.106	Рис. 1, е		1500	24	25Х1МФ, 45, Ст.2кп
53.107	Рис. 1, е		3000	20	12Х13, 15, 14Г
53.108	Рис. 1, е		3500	26	15ХФ, 10, БСт3пс
53.109	Рис.1, ж	-	1200	14	25, 10Г2С, 10Х13
53.110	Рис.1, ж	-	1400	12	40, Ст2пс, 14ХГС
53.111	Рис.1, ж	-	1600	16	09Г2, 10ГТ, 12Х18Н9Т
53.112	Рис.1, ж	-	1800	18	20, Ст3сп, 15Г2СФ
53.113	Рис.1, ж	-	2000	20	14Г2, 15, 30Х13
53.114	Рис.1, ж	-	2200	22	10пс, 15ГФ, 10ХСНД
53.115	Рис.1, ж	-	2600	24	08пс, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.116	Рис.1, ж	-	3000	26	10пс, 16ГС, 15ХСНД
53.117	Рис.1, е	-	500	12	Ст4сп, 10ХНДП, 40Х13
53.118	Рис.1, е	-	100	14	15Г2АФД, 15, 15ХСНД
53.119	Рис.1, е	-	2000	18	Ст3сп, 10Г2Б, 10ХСНД
53.120	Рис.1, е	-	2500	16	Ст2сп, 15Г2СФ, 12ГС

Закінчення табл. 7

№	Будівельний виріб	Геометричні параметри виробу			Марки сталей
		<i>D</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>S</i> , мм	
53.121	Рис.1, д	-	3500	12	Ст2сп, 15Г2СФ, 12ГС
53.122	Рис.1, д	-	4000	16	25, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.123	Рис.1, д	-	4500	20	14ХГС, 08пс, 15ХСНД
53.124	Рис.1, д	-	5000	24	20, 15Г2АФД, 10Г2С
53.125	Рис.1, д	-	5500	24	15, 15ХСНД, 10Х13
53.126	Рис.1, д	-	6000	26	12Х18Н9Т, 15ГФ, 12ГС
53.127	Рис.1, д	-	1000	4	14ХГС, Ст2пс, 30Х13
53.128	Рис.1, в	-	1200	26	20, 18Г2, 20Х13
53.129	Рис.1, в	-	1400	8	25, 10Г2С, 10Х13
53.130	Рис.1, в	-	1600	10	10Г2Б, Ст3сп, 14ХГС
53.131	Рис.1, в	-	1800	12	15, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.132	Рис.1, в	-	2000	16	20, 10Г2С1, 15Г2СФ
53.133	Рис.1, в	-	2200	20	18Г2, 15, 30Х13
53.134	Рис.1, в	-	2400	24	10ГТ, Ст4сп, 10ХСНД
53.135	Рис.1, в	-	2600	26	08пс, 14Г2, 12Х18Н9Т
53.136	Рис. 1, а	400	500	22	20Х13, БСт3пс, 20
53.137	Рис. 1, а	500	600	20	ВСт4сп, 30, 16ГС
53.138	Рис. 1, а	600	700	24	15пс, 09Г2С, 25
53.139	Рис. 1, а	700	800	26	08Х18Н10Т, БСт2пс, 30Г
53.140	Рис. 1, а	300	1500	4	20Х13, БСт3пс, 20
53.141	Рис. 1, а	400	1600	6	ВСт4сп, 30, 16ГС
53.142	Рис. 1, а	500	1700	8	15пс, 09Г2С, 25
53.143	Рис. 1, а	600	1800	10	08Х18Н10Т, БСт2пс, 30Г
53.144	Рис. 1, а	700	1900	12	ВСт3сп, 25ХГСА, 40Г
53.145	Рис. 1, а	800	2000	16	БСт5сп, 15ХСНД, 08
53.146	Рис. 1, а	900	2100	20	14Г2, Ст3Гпс, 30ХГС
53.147	Рис. 1, а	1000	2200	24	16Г2АФ, БСт4пс, 08Х13
53.148	Рис. 1, а	500	1600	4	15Г2СФД, ВСт5пс, 10
53.149	Рис. 1, в		3000	6	ВСт6сп, 10Г2БД, 10ХСНД
53.150	Рис. 1, в		3200	8	ВСт2сп, 10Г2С1, 10ХНДП

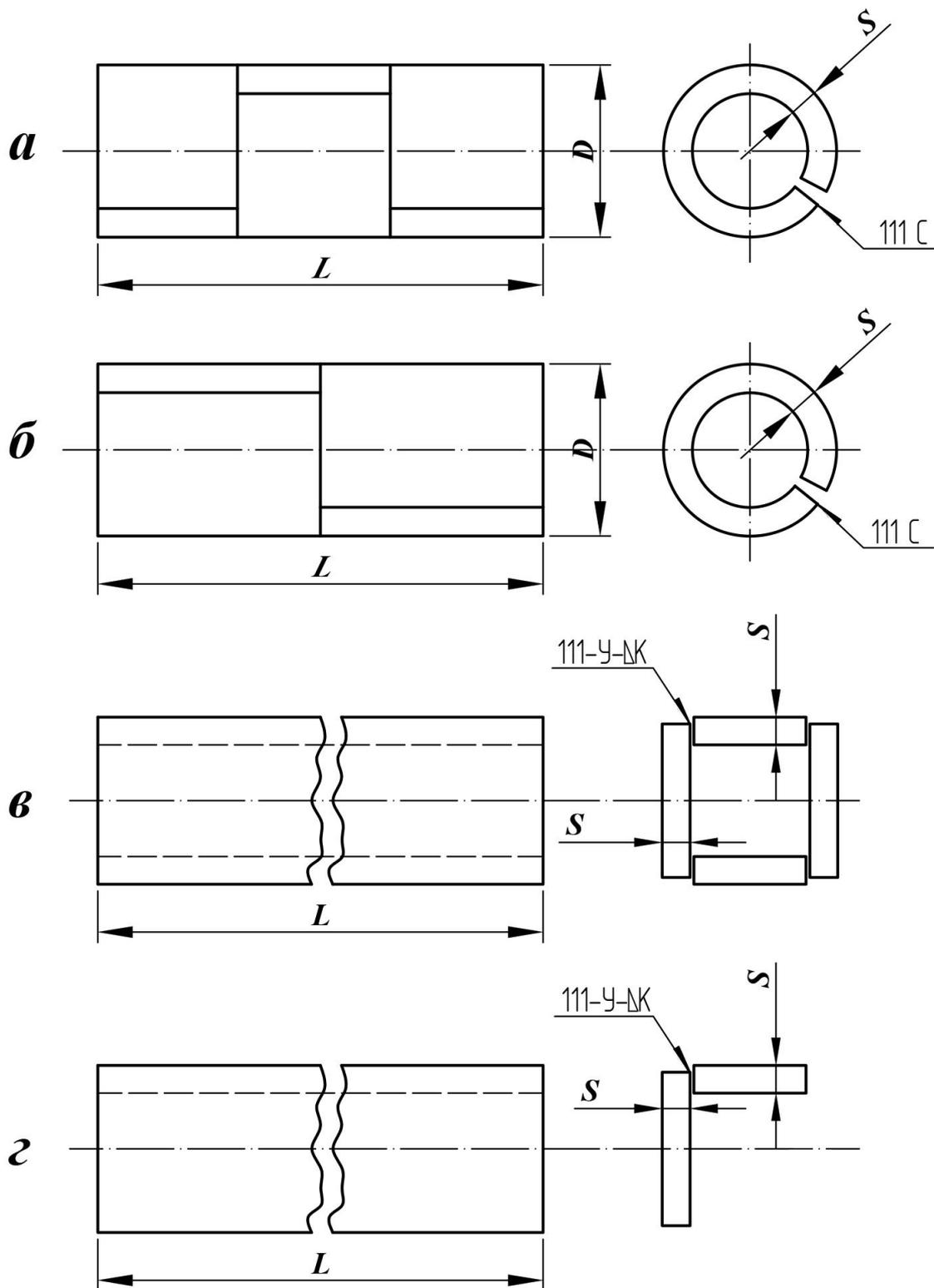
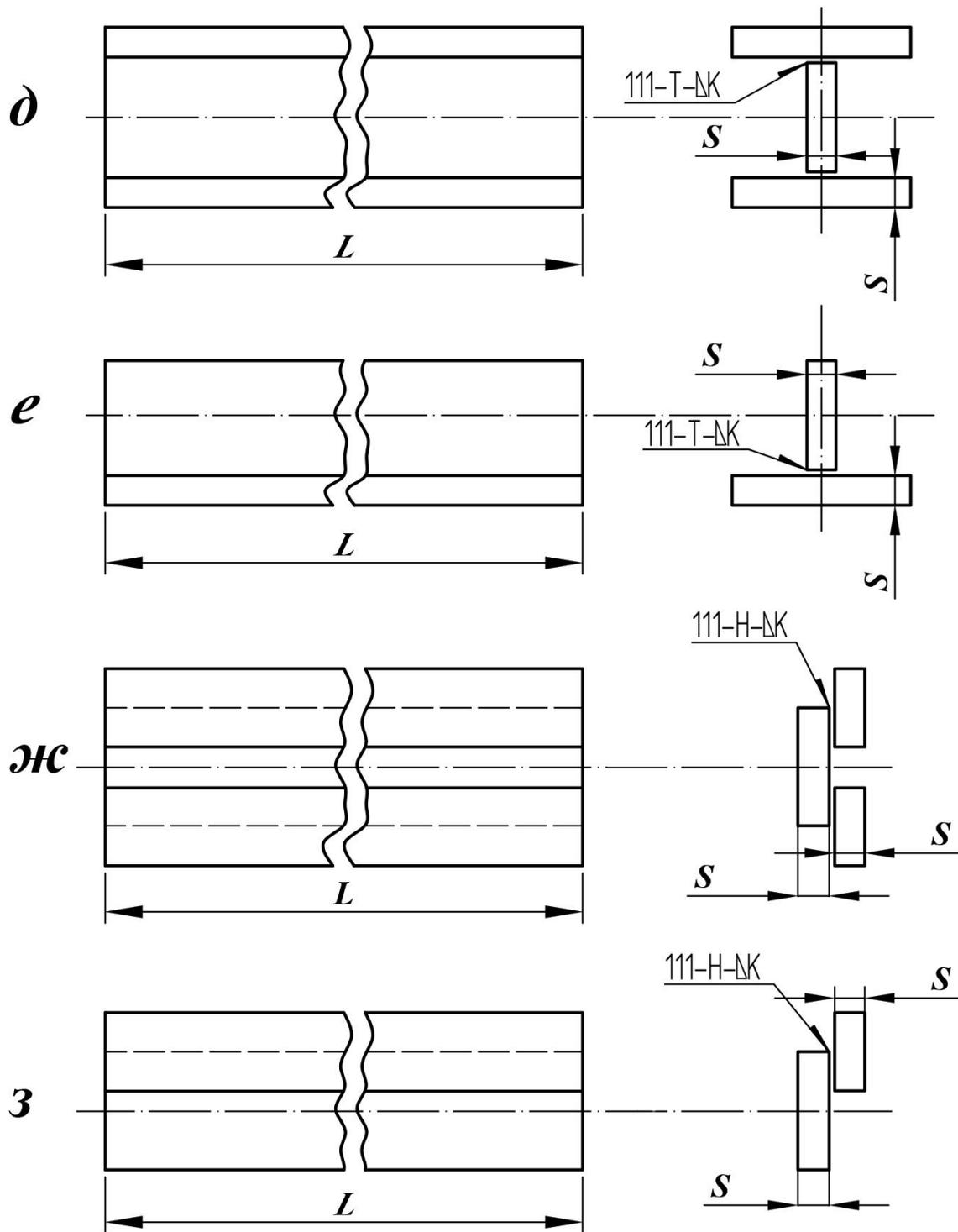


Рисунок 2. Конструкції зварних виробів:
 а, б – циліндр; в – короб; з – кутник



Закінчення рис. 2. Конструкції зварних виробів:
д – двотавр; **е** – тавр; **ж, з** – панель

ПОЯСНЕННЯ ЩОДО ВИКОНАННЯ ПИТАННЯ № 53

1-2. Визначення понять ручного дугового зварювання, електричної зварювальної дуги і зварюваності розкриті у літературних джерелах [1, 3, 6, 8, 9, 12].

Зварюваність сталей залежить від ступеня легування. Найбільше на неї впливає вуглець – із збільшенням його вмісту зварюваність сталей погіршується. Звичайно вважається, що сталі, які містять менше 0,25...0,3% С, добре зварюються у широкому діапазоні товщин і режимів.

Для вуглецевих сталей зварюваність вважається доброю коли вміст вуглецю дорівнює $< 0,3\%$ С, задовільною – при $0,3...0,42\%$ С, обмеженою – при $0,42...0,55\%$ С і незадовільною – при $> 0,55\%$ С. Вуглецеві сталі, що містять $< 0,3\%$ С зварюються в будь яких умовах в широкому діапазоні товщин і форм деталей. Сталі, що містять $0,3...0,42\%$ С можна зварювати при температурах вищих ніж $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і, коли деталі мають велику товщину, то їх слід підігрівати до температури $150\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для зварювання сталей, що містять $0,42...0,55\%$ С, деталі треба підігрівати до $150...300\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для сталей, що містять $> 0,55\%$ С – до $200...500\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Легуючі елементи знижують зварюваність сталей. Попередня оцінка їх впливу на зварюваність визначається вуглецевим еквівалентом C_e :

$$C_e = C + \frac{M_n}{6} + \frac{C_r}{5} + \frac{V}{5} + \frac{M_o}{4} + \frac{N_i}{15} + \frac{C_u}{13} + \frac{P}{2}, \% \quad (1)$$

де символи хімічних елементів – вуглецю (С), марганцю (Mn), хрому (Cr), ванадію (V), молібдену (Mo), нікелю (Ni), міді (Cu), фосфору (P) – показують їх процентний вміст в сталі. Оцінка зварюваності виконується за даними табл. 8

Розшифровка марки сталі полягає в визначенні її виду і хімічного складу (вмісту вуглецю, легуючих та шкідливих домішок). Розшифровку виконувати безпосередньо по індексам марки сталі, застосовуючи правила розшифровки, що описані у літературних джерелах [1-3,7-12 та інші].

Наприклад: сталь 10ХСНД, низьколегована конструкційна будівельна сталь. Вміст вуглецю (С) до 0,12%, марганцю (Mn) 0,5...0,8%, хрому (Cr) 0,6...0,9%, кремнію (Si) 0,8...1,1%, нікелю (Ni) 0,5...0,8%, міді (Cu) 0,4...0,6%. Межа плинності $\sigma_{02} = 390$ МПа, межа міцності при розтягуванні $\sigma_{тн} = 530$ МПа.

Таблиця 8

Оцінка зварюваності сталей по вуглецевому еквіваленту C_e

Значення вуглецевого еквіваленту, C_e , %	Товщина (діаметр) заготовки, мм	Зварюваність	Температура попереднього підігріву, °С	Додаткові заходи
до 0,27	будь-яка	висока	-	-
0,28...0,39	до 20	задовільна	100...120	-
	більше 20	задовільна	120...180	-
0,40...0,50	до 15	обмежена	200...300	-
	більше 15	обмежена	200...300	відпал або нормалізація
0,51...0,65	будь-яка	незадовільна	400...500	

3. Ескіз зварної деталі треба намалювати згідно свого варіанту (рис. 2), враховуючи правила креслення, звернувши увагу на позначення що стосуються зварювання. На полиці цього позначення вказані спосіб зварювання і тип зварного шва.

Назва способу зварювання визначається по шифру. У нашому випадку 111 – ручне дугове зварювання (121 – дугове зварювання під шаром флюсу, 131 – дугове зварювання в середовищі інертного газу неплавким електродом та інші).

Тип зварного шва визначається конструкцією з'єднання. Основні види швів: стикові (С1...С25), кутові (У1...У10), таврові (Т1...Т11) і внапуск (Н1...Н3) представлені в додатку 1. Номер для типу шва підбираємо виходячи з товщини конструкції зварного виробу S (табл. 7). Для кутових, таврових і внапуск з'єднань треба проставити мінімальний розмір катету перерізу наплавленого металу K за даними додатку 1, або орієнтовними даними представленими у таблиці 9.

Таблиця 9

Тип з'єднання	Товщина металу, S , мм	Мінімальне значення катету K , мм	Тип з'єднання	Товщина металу, S , мм	Мінімальне значення катету K , мм
У	3...5	3	Т	3	3
	6...9	4		4...10	4
	10...14	5		12...16	5
	>14	6		>16	6

Для з'єднань внапуск K встановлюється орієнтовно за найменшим розміром товщини деталі, що зварюється і, більш точно, з додатку 1.

Крім того, шви бувають однобічні і двобічні, з обробкою кромки і без неї. Листи для майбутнього шва в місці стику можуть бути спеціально підготовлені (знята частина торця) для кращого проплавлення при зварюванні. Такі шви використовують для великих товщин. Для маленьких товщин подібна операція не виконується.

4. Переріз шва креслити, виходячи з певного варіанту з врахуванням розмірів виробу (табл. 7, рис.2), допустимих значень катету K , опуклості і вгнутості зварного шва (можна проставляти довільно і приблизно, додаток 1).

Форму перерізу визначають з додатку 1, з урахуванням товщини листа, що зварюється, і типу зварного з'єднання. На кресленні форми перерізу зварного шва овалом показано весь розплавлений метал. Розплавлений метал складається: – з розплавленого металу деталі (незаштрихована частина деталі); – наплавленого металу з електроду (решта розплавленого металу, що знаходиться в овалі здійсненого шва).

5. Визначення маси наплавленого металу, тобто того металу, який при формуванні зварної ванни надходить з електроду. В загальній площі зварного шва, підраховується площа зазору між двома листами і підсилення шва g . Для простоти підрахунків площу фігури, що займає наплавлений метал, необхідно розбити на прості геометричні фігури (прямокутник, трикутник, трапеція, сегмент). Допускається підрахування площі сегмента як площі вписаного трикутника.

Після підрахування сумарної площі ΣF і сумарної довжини ΣL визначають об'єм V_n і масу m_n наплавленого металу. При цьому використовують густину ρ сталі, що дорівнює 7,7...7,9 г/см³.

Приклад розрахунку геометрії зварного з'єднання і маси наплавленого металу для шва С15 (рис. 3).

Площа перетину швів являє собою суму площ елементарних геометричних фігур, їхніх складових.

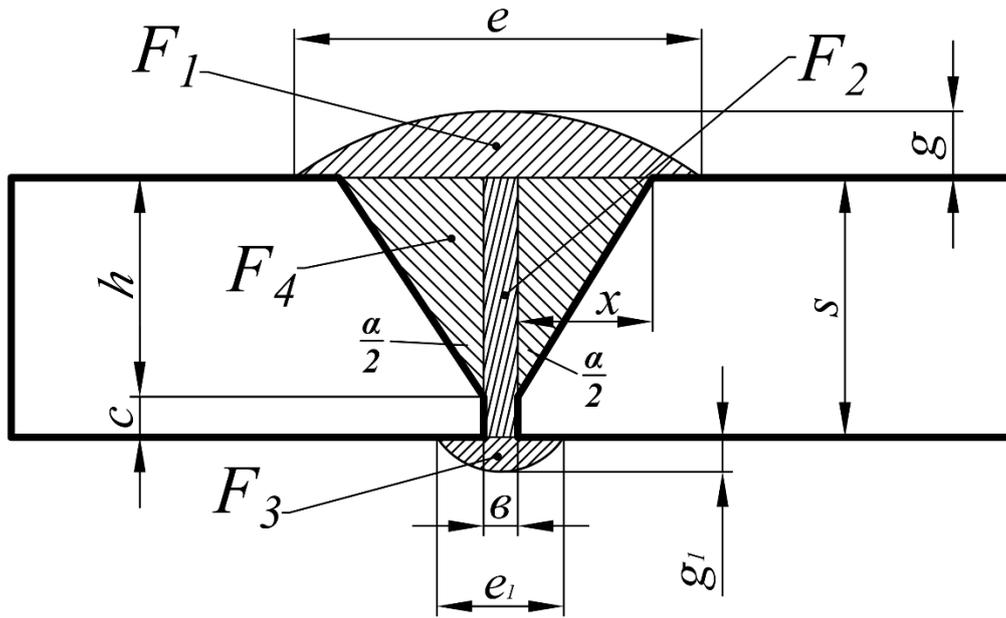


Рисунок 3. Конструктивні елементи стикового зварного шва С18

Площа перетину однобічного стикового шва виконаного без зазору можна визначити:

$$F_1 = 0,75 \cdot e \cdot g, \text{ мм}^2 \quad (2)$$

а при наявності зазору в з'єднанні:

$$(F_1 + F_2) = 0,75 \cdot e \cdot g + S \cdot v, \text{ мм}^2 \quad (3)$$

де e – ширина шва, мм;

g – висота підсилення шва, мм;

S – товщина металу, що зварюється, мм;

v – величина зазору в стику, мм.

Площа перетину стикового шва з V-подібним обробленням і з підваркою кореня шва визначається як сума геометричних фігур $\Sigma F = F_n$:

$$\Sigma F = F_1 + F_2 + F_3 + 2F_4, \quad (4)$$

Глибина проплавлення:

$$h = (S - c), \text{ мм} \quad (5)$$

Площа перетину геометричних фігур $(F_1 + F_2)$ визначають за формулою 3, F_3 – за формулою 2, а площа прямокутних трикутників F_4 визначають за формулою:

$$F_4 = h \cdot x / 2, \text{ мм}^2 \quad (6)$$

де $x = h \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2$.

Підставляючи маємо:

$$F_4 = \frac{h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2}{2}, \text{ мм}^2 \quad (7)$$

але розглянута нами площа F_4 V-подібного шва складається із двох прямокутних трикутників, тому:

$$2F_4 = h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2, \text{ мм}^2 \quad (8)$$

Підставляючи значення F_1, F_2, F_3 і F_4 у формулу (4), маємо:

$$\sum F = 0,75 \cdot e \cdot g + v \cdot S + 0,75 \cdot e_1 \cdot g_1 + h^2 \cdot \operatorname{tg} \alpha / 2, \text{ мм}^2 \quad (9)$$

Після підрахування сумарної площі ΣF знаходимо сумарну довжину ΣL :

$$\Sigma L = L + n \pi D, \quad (10)$$

де L і D – відповідно довжина і діаметр циліндра (рис. 2, а, б);

n – кількість зварних швів по колу.

Для інших варіантів (рис. 2, в, г, д, е, ж, з) ΣL :

$$\Sigma L = n_l \cdot L, \quad (11)$$

де n_l – кількість зварних швів по довжині виробу L .

Визначаємо об'єм V_n і масу m_n наплавленого металу.

$$V_n = \Sigma F \cdot \Sigma L, \quad (12)$$

$$m_n = V_n \cdot \rho. \quad (13)$$

6. Тип електроду визначають в залежності від межі міцності основного металу $\sigma_{тн}$ або хімічного складу сталі (додаток 2)

Для електродів вуглецевих і низьколегованих сталей (14 типів) в типі електроду позначається межа міцності $\sigma_{тн}$ наплавленого металу (додаток 2). Основними особливостями електродів даної категорії є їх властивість формувати стійкий до утворення тріщин зварювальний шов, волого- та температуростійкість, стійкість до довгого прокалювання.

Наприклад, в типі електроду Э46, цифри 46 вказують на те що межа міцності $\sigma_{тн}$ наплавленого металу цим електродом складає 460 МПа. Взагалі доцільно, щоб міцність електродного (присаджувального) металу

була рівною або на 10...20% вище за міцність основного металу.

Для сталей 10ХСНД межа міцності при розтягуванні $\sigma_{тн} = 530$ МПа, вибираємо електрод типу Э60, метал якого має $\sigma_{тн} = 600$ МПа (дод. 2).

Для електродів високолегованих сталей з особливими властивостями (49 типів) і для електродів теплостійких сталей (9 типів) в типі електроду вказується хімічний склад наплавленого металу. Особливостями та перевагами даної марки електродів є забезпечення щільного та вологостійкого та стійкого до корозії зварювального шва; при зварюванні даними електродами, зводиться до мінімуму утворення тріщин; утворення зварювального шву з пластичними властивостями; забезпечення роботи як постійним, так і змінним струмом

Після літери Э, яка позначає електрод, проставляються цифри, що вказують на кількість вуглецю у сотих долях відсотка. Далі стоять літери, що позначають той чи інший хімічний елемент, цифри після літер вказують на кількість цього хімічного елементу у цілих відсотках (Х – хром, Г – марганець, Н – нікель, Т – титан, С – кремній, М – молібден, В – вольфрам і т.д.). Літера А в кінці маркірування – містить малу кількість сірки і фосфору.

7. Режим ручного дугового зварювання визначається:

- діаметром електроду,
- силою, родом і полярністю струму,
- напругою на дузі,
- швидкістю і продуктивністю зварювання.

Діаметр електрода для РДЗ підбирають виходячи з товщини заготовки (табл. 10).

Таблиця 10

Товщина заготовки, мм	1...2	3	4...5	6...12	13 і більше
Діаметр електрода, мм	1,5...2	3	3...4	4...5	5...8

Рід струму і полярність приймаються в залежності від умов зварювання: марки і товщини основного металу, положення в просторі, ступені відповідальності з'єднання. При виконанні учбових завдань умовно приймаємо: для зварювання вуглецевих сталей – змінний струм, для легованих – постійний струм прямої полярності.

Визначаємо силу струму:

$$I_{зв} = kd_{ел}, \text{ А} \quad (14)$$

де $d_{ел}$ – діаметр електроду, мм, k – коефіцієнт, що залежить від діаметра електроду (табл. 11).

Таблиця 11

Діаметр електроду, мм	2	3	4	5	6
k	25...30	30...45	35...50	40...55	45...60

Слід визначити, що з'єднання таврові і внапуск виконуються на підвищеному на 10...20% струмі порівняно із стиковими.

Напруга на дузі приймається приблизно:

- для змінного струму 25...30 В,
- для постійного 20...25 В.

Довжина дуги знаходимо по формулі:

$$l_0 = 0,5(d_{ел} \pm 1), \text{ мм} \quad (15)$$

Тривалість зварювання визначається:

$$T = \frac{t_0}{K_n}, \text{ год} \quad (16)$$

де t_0 – час горіння дуги, год; K_n – коефіцієнт застосування поста (для заводських умов – 0,8, для польових – 0,6).

Знаходимо час горіння дуги:

$$t_0 = \frac{m_n}{IK_n}, \text{ год} \quad (17)$$

де m_n – маса металу, що наплавляється, г; I – сила струму, А; K_n – коефіцієнт наплавлення, г/А·год (дод. 4).

Коефіцієнт наплавлення K_n – важливий нормуючий показник для всіх електричних способів зварювання плавленням. Він показує скільки грамів металічного матеріалу можна наплавити силою струму в 1 А за час – 1 год.

Швидкість зварювання :

$$V = \frac{\sum L}{t_0}, \text{ м/ГОД} \quad (18)$$

де $\sum L$ – загальна довжина зварних швів, м.

Продуктивність зварювання:

$$П = I \cdot K_n, \text{ г/год} \quad (19)$$

Визначаємо загальну масу електродів:

$$M_{ze} = m_n \cdot K_{yp} \cdot K_{обм} \cdot K_{ог}, \text{ кг} \quad (20)$$

де m_n – маса наплавленого металу, кг; K_{yp} – коефіцієнт втрат на угар і розбризкування ($K_{yp} = 1,1 \dots 1,15$); $K_{обм}$ – коефіцієнт втрат на обмазку ($K_{обм} = 1,18 \dots 1,35$, залежить від товщини покриття електроду); $K_{ог}$ – коефіцієнт втрат на огарки ($K_{ог} = 1,07 \dots 1,1$).

8. Характеристики джерела живлення підбираються за даними додатків 3 або 4, в першу чергу, за родом струму і номінальною силою струму. Джерела живлення поділяються на змінного (трансформатори) і постійного (генератори, перетворювачі, випрямлячі) струму. Після вибору джерела живлення необхідно дати його характеристику.

9. Витрати електроенергії визначаємо за формулою:

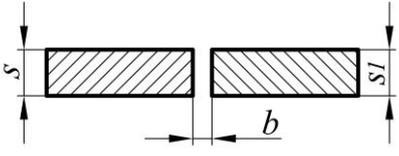
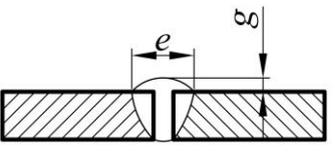
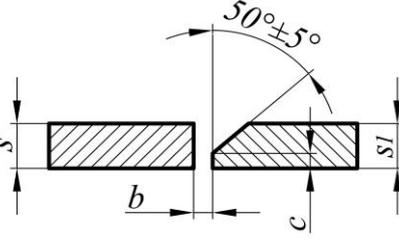
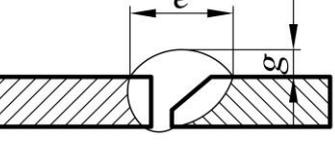
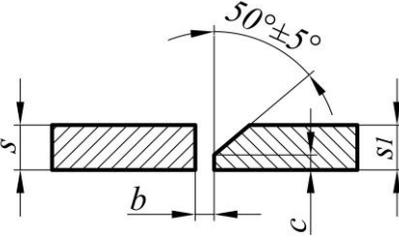
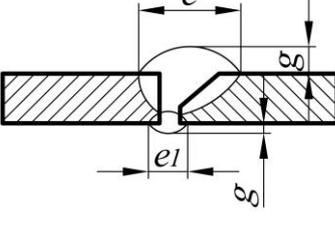
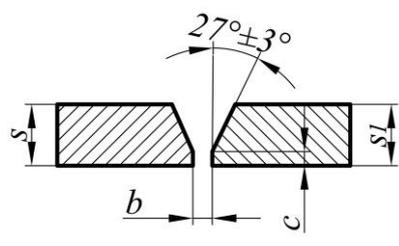
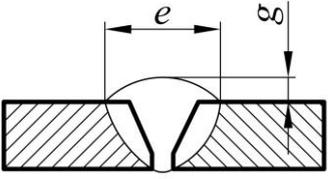
$$N = I \cdot U \cdot t / 1000, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (21)$$

де I – сила струму, А; U – напруга, В; t – час зварювання, год.

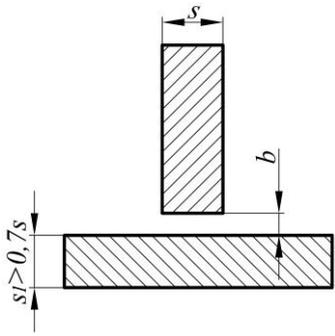
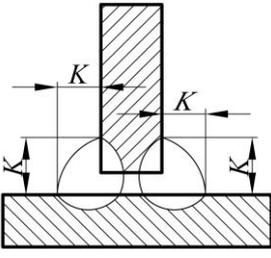
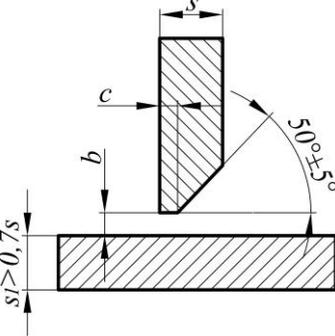
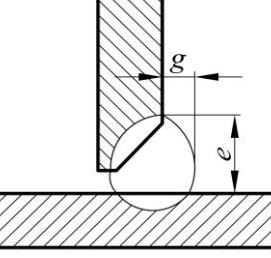
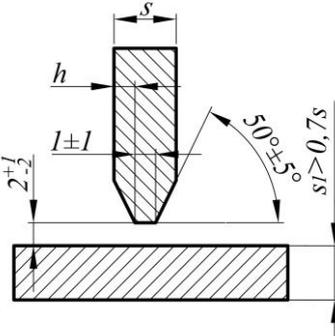
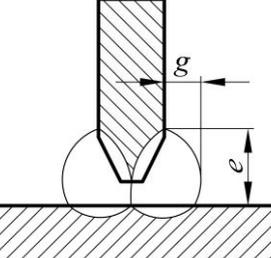
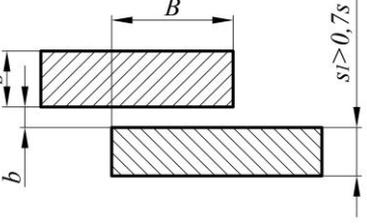
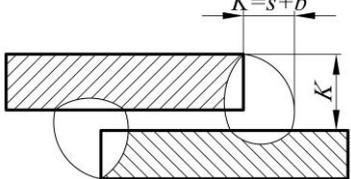
10. Можливі дефекти і методи їх виявлення розкриті у літературних джерелах [1, 3, 6, 8, 9, 12].

ДОДАТКИ

Додаток 1

Умовне позначення шва зварного з'єднання	Конструктивні елементи		$s = s_1$	b	e_{-2}^{+1}	g	
	підготовлених кромки зварних деталей	шва зварного з'єднання					
C2			1-1,5	$0^{+0,5}$	5	$1 \pm 0,5$	
			2	$1 \pm 1,0$	6	$1,5 \pm 1,0$	
			3		7		
			4	$2_{-0,5}^{+1}$	7	$2 \pm 1,0$	
			5-6		9		
C5			$s = s_1$	$c = b$	e , не більше	g	
			4	1 ± 1	12	$0,5_{-0,5}^{+1}$	
			6		16		
			8	2_{-2}^{+1}	18	$0,5_{-0,5}^{+2,0}$	
			10		22		
12	24						
14		28					
C8			$s = s_1$	$c = b$	e , не більше	e_{1-2}^{+1}	g
			4	1 ± 1	12	8	$0,5_{-0,5}^{+1}$
			6		16		
			8	2_{-2}^{+1}	18	$0,5_{-0,5}^{+2,0}$	
			10		22		
			12		24		
			14		28		
			16		30		
18	34						
20	36						
C15			$s = s_1$	$c = b$	e , не більше	g	
			3-4	1 ± 1	10	$0,5_{-0,5}^{+1,5}$	
			6-8		14		
			10-12	2_{-2}^{+1}	20	$0,5_{-0,5}^{+2,0}$	
			14-16		24		
			18-20		30		
22-24	34						
26-28	38						

Умовне позначення шва зварного з'єднання	Конструктивні елементи		s	b	e	g
	підготовлених кромки зварних деталей	шва зварного з'єднання				
У2			1-1,5	0 ^{+0,5}	6±3	0,5 ^{+1,0} _{-0,5}
			2-5		8±4	0,5 ^{+1,5} _{-0,5}
			6	0 ⁺²	10±4	0,5 ^{+2,5} _{-0,5}
У6			s	c=b	e, не більше	g
			4		12	0,5 ^{+1,0} _{-0,5}
			6	1±1	16	
			8		18	0,5 ^{+2,0} _{-0,5}
			10	2 ⁺¹ ₋₂	22	
12	24					
14		28				
У8			s	h	e, не більше	g
			12-14	5-6	18	0,5 ^{+2,0} _{-0,5}
			16-18	7-8	20	
20-22	9-10	22				
У9			s		e, не більше	
			12-14	22		
			16-18	28		
			20-22	32		
			24-26	36		
28-30	42					

Умовне позначення шва зварного з'єднання	Конструктивні елементи		s	b	K	
	підготовлених кромки зварних деталей	шва зварного з'єднання				
Т3			2-2,5	0+1	3+2	
			3-4,5	0+2	4 ⁺² ₋₁	
			5-6		5 ⁺² ₋₁	
Т6			s	c=b	e, не більше	g
			4 6	1±1	10 14	3 ⁺¹ ₋₃
			8 10	2 ⁺¹ ₋₂	16 20	
			12 14 16		22 26 28	
Т9			s	h	e, не більше	g±3
			12-14	5-6	16	3
			16-18	7-8	18	5
			20-22 24-26	9-10 11-12	20 24	
Н2			s	B, не менше	b	
			2-5 6-60	2 (s+s ₁)	0 ⁺¹ 0 ⁺²	

Додаток 2

Електроди для ручного дугового зварювання конструкційних сталей на постійному та змінному струмах для будь-яких положень

Тип	Марка	Коефіцієнт наплавлення, г/А·год	Тип	Марка	Коефіцієнт наплавлення, г/А·год
Э42	АНО-6	8,0-9,5	Э50А	УОНИ 13/55	9,0-10,0
	АНО-17	9,5-10,5		АНО-27	9,01-11,0
Э42А	УОНИ 13/45	9,0-10,0	Э42	УОНИ 13/55	9,0-10,0
Э46	АНО-4	8,0-8,5	Э60	УОНИ 13/65	9,0-10,0
	АНО-4И	8,5	Э70	ЛКЗ-70	8,0-9,5
	АНО-24	8,0-8,5	Э85	АНП-2	9,0-10
	МР-3	8,0-8,5	Э12Х13	УОНИ/10Х13	11
Э46А	ВН-48	10,0	Э04Х12Н9	ОЗЛ-14	13

Додаток 3

Джерела живлення змінним струмом при ручному дуговому зварюванні (зварювальні трансформатори)

Тип	Напруга, В		Сила струму, А		Потужність, кВ·А
	Номінальна	Холостого ходу	Номінальний	Межі регулювання	
СТЄ-24	30	65	350	70-500	24
СТН-450	30	70-90	450	80-800	65
СТН-500	30	60-60	500	150-700	36,5
СТН-700	35	60	700	200-900	43,5
ТС-300	30	63	300	30-395	20
ТС-500	30	60	500	40-650	32
ТД-300	30	61-79	300	60-380	19,4
ТД-500	30	60-76	500	90-650	32
СТШ-300	30	63	300	110-405	20,5
СТШ-500	30	60	500	145-650	33
ТСП-1	25	65-70	160	105-180	12
ТС-350	30	60-70	350	60-450	24

Джерела живлення постійним струмом при ручному дуговому зварюванні
(випрямлячі)

Тип	Напруга, В		Сила струму, А		Потужність, кВ·А
	Номінальна	Холостого ходу	Номінальний	Межі регулювання	
ВД-101	25	65-68	125	20-125	9
ВД-201	21-28	64-71	200	30-200	15
ВД-301	32	65-68	300	45-300	21
ВД-401	36	80	400	50-450	14,4
ВД-502-1	40	65-80	500	50-500	40
ВКС-120	25	55-65	120	15-130	9
ВКС-500	40	65-74	500	60-550	36

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаленко В.О., Корнійчук Б.В., Маслюк А.А. Метали і зварювання у будівництві: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / В.О. Шаленко, Б.В. Корнійчук, А.А. Маслюк. – Київ: ЦП «Компринт», 2023. – 60 с.
2. Шаленко В.О. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів (модуль 1): методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / В.О. Шаленко, А.А. Маслюк. – Київ: КНУБА, 2023. – 72 с.
3. Опальчук А.С. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: лабораторний практикум / А.С. Опальчук та ін. – Київ: НУБіП, 2015. – 428 с.
4. Добровольський О.Г. Особливості зварювання сталей. / О.Г. Добровольський, В.А. Косенко, В.О. Шаленко, А.А. Маслюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ: КНУБА, 2018. – Вип. 92. – С. 49-55.
5. Корнійчук Б.В. Технологія машинобудування та верстатне обладнання автоматизованого виробництва (модуль 1): методичні вказівки та завдання до виконання розрахунково-графічної роботи / Б.В. Корнійчук, А.Т. Свідерський, В.О. Шаленко. – Київ: КНУБА, 2023. – 40 с.
6. Богуславський В.Є. Проектування заготовок і технології їх виготовлення: навчальний посібник / В.Є. Богуславський, В.М. Гарнець, В.О. Шаленко. – Київ: КНУБА, 2016. – 140 с.
7. Добровольський О.Г. Матеріалознавство та матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник – Київ: КНУБА., 2014 – 165 с.
8. Добровольський О.Г. Метали і зварювання у будівництві: навчальний посібник – Київ: КНУБА, 2012. – 204 с.
9. Гарнець В.М. Металознавство і зварювання: навчальний посібник / В.М. Гарнець, Я.Ю. Лобков – Київ: КНУБА, 2012. – 132 с.
10. Гарнець В.М. Матеріалознавство та конструкційні матеріали: підручник / В.М. Гарнець, В.О. Шаленко. – Київ: ФОП «Приятелєв», 2014. – 436 с, 2-е видання.
11. Гарнець В.М. Матеріалознавство: підручник – Київ: Кондор, 2009. – 386 с.
12. Власенко А.М. Матеріалознавство та технологія металів: підручник – Київ: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.

Навчально-методичне видання

МЕТАЛИ І ЗВАРЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Методичні вказівки
до виконання індивідуального завдання
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Укладачі **ШАЛЕНКО** Вадим Олегович,
КОРНІЙЧУК Борис Валерійович
МАСЛЮК Андрій Анатолійович

Комп'ютерне верстання *В.О. Шаленко*

Підписано до друку 04.04.2024 р. Зам. № 44.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Наклад 50 прим. Ум. друк. арк. 2,9.
Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво ДК №4131 від 04.08.2011 р.
м. Київ, вул. Васильківська, 32
067-209-54-30, 097-533-18-07
email: komprint@ukr.net