

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

ГАЗОТЕРМІЧНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання самостійної та розрахунково-графічної робіт для студентів напрямку "Зварювання" спеціальностей "Технологія та устаткування зварювання",

"Зварювальні установки", "Технологія та устаткування відновлення і підвищення зносостійкості машин і конструкцій"

Затверджено Методичною радою НТУУ "КШ"

Газотермічна обробка матеріалів: Метод, вказівки до виконання самостійної та розрахунково-графічної робіт для студ. напряму "Зварювання" спеціальностей "Технологія та устаткування зварювання", "Зварювальні установки", "Технологія та устаткування відновлення і підвищення зносостійкості машин і конструкцій" / Укл.: В.М. Корж, Ю.С. Попіль. - К.: ШЦ "Видавництво «Політехніка»", 2002. - 40 с.

Гриф надано Методичною радою НТУУ "КПІ" (Протокол № 8 від 16. 05. 2002 р.)

Укладачі:

В. М. Корж, д-р техн. наук, проф. *Ю. С. Попіль*, асист.

Відповідальний редактор

В. М. Пащенко, канд. техн. наук, доц.

Рецензент

Б. В. Медко, канд. техн. наук, доц.

Вступ

Дисципліна «Газотермічна обробка матеріалів» відповідно до узагальненого об'єкта діяльності бакалавра за напрямом 6.0923 "Зварювання" - *процеси створення нерознімних з'єднань, поверхонь, зварювальне устаткування* - охоплює процеси та обладнання газового зварювання, паяння, газотермічного різання.

Вона входить до переліку дисциплін професійної та практичної підготовки нормативної частини державної освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за напрямом 6.0923 "Зварювання".

Розрахунково-графічна робота є основною складовою самостійної роботи студентів під час вивчення дисципліни.

Мета самостійної роботи студентів та виконання розрахунково-графічної роботи - реалізувати знання та уміння, якими мають оволодіти студенти, а саме:

- вибрати основний типовий процес газотермічної обробки виробів;
- розрахувати необхідну кількість кисню, паливних або плазмотвірних газів для газопостачання дільниці газотермічної обробки матеріалів;
- визначити необхідне стандартне технологічне устаткування та газову апаратуру для комплектування стаціонарних постів газотермічної обробки матеріалів і розробити схему їх газопостачання;
- визначити комплект необхідного обладнання та спланувати розташування цього обладнання на пересувному посту газополуменевої обробки матеріалу;
- вибрати типовий технологічний процес створення зварного або паяного з'єднання з використанням газового полум'я;
- розрахувати або визначити технологічні параметри режимів газового зварювання;
- обґрунтувати вибір способу газотермічного різання металу для виготовлення заготовок або деталей;
- вибрати основний технологічний процес газотермічного різання заготовок або деталей;
- розробити робочий процес газотермічного різання для виготовлення деталей або заготовок;
- вибрати типове устаткування для процесів газотермічної обробки матеріалів;
- визначити технологічні параметри процесу газотермічного різання

1. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ГАЗОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Мета: визначити гази, необхідні для постачання дільниці газотермічної обробки матеріалів, і розрахувати їх необхідну кількість.

Загальні положення

Для встановлення газів, необхідних для постачання дільниці газотермічної обробки матеріалів, студент має відповідно до завдання за допомогою довідкової літератури та каталогів вибрати стандартне технологічне обладнання для газового зварювання або газотермічного різання чи нанесення покриття, визначити його технічні характеристики.

Технічні характеристики найбільш поширеного типового технологічного обладнання для газотермічної обробки матеріалів наведено у табл. 1.1; 1.2; 1.3; 1.4

Раціональну схему забезпечення підприємства газами вибирають, виходячи з максимальної годинної, добової та місячної потреби, урахувавши відстані до підприємства-виробника, наявність автомобільного або залізничного зв'язку.

Визначивши з допомогою довідкової літератури та каталогів гази, які використовують у вибраному стандартному обладнанні для газотермічної обробки матеріалів, розміщеному на дільниці, та їх витрати на одиницю обладнання, необхідно розрахувати сумарні витрати кожного газу на все обладнання за годину, добу, місяць.

На підприємстві необхідно створювати запаси газів, урахувавши відстань від споживача до виробника. Якщо відстань менш як 100 км, рекомендується мати дводобовий запас газів, менш як 1000 км - чотири-, шестидобовий, а якщо понад 1000 км - не менш як семидобовий запас.

Гази, що використовують для газотермічної обробки матеріалів, урахувавши їх фізико-хімічні властивості, спосіб постачання від виробника до підприємства, можна поділити на три групи. До першої групи належать кисень і плазмотвірні гази азот та аргон; до другої групи - ацетилен; до третьої - гази - замітники ацетилену.

Кисень, аргон та азот залежно від кількості, яку використовують на підприємстві, можна транспортувати в газоподібному або в рідкому стані.

У технологічних процесах їх використовують тільки в газоподібному стані. Для транспортування і збереження цих газів у рідкому стані та їх газифікації використовують однакове обладнання - звичайні кисневі установки.

Незалежно від відстані до заводу-виробника постачати підприємству кисень, аргон та азот у кількості до 10 тис. м³/міс. доцільно в газоподібному стані, у балонах.

На підприємства з місячною потребою цих газів більше як 10 тис. м³/міс. раціонально постачати їх у рідкому стані.

Таблиця 1.1. Технічні характеристики різаків для газокисневого різання

Технічні параметри	Ручні різакі			Машинні різакі	
	P2A-01	P3П-01	PK-71	PM	PMB
Товщина розрізуваної сталі, мм	3...200	3...300	10...200	5... 100	5...150
Тиск газу, МПа					
Кисень	0,25...0,75	0,25...1,0	0,3...0,6	0,25...0,8	1,8
Ацетилен	0,001...0,1	-	-	0,03	0,03
Пропан-бутан та природний газ	-	0,02...0,1	-	-	-
Гас	-	-	0,15...0,3	-	-
Витрати газу, м³/год					
Кисень	1,78... 12,75	2,55...33,2	2,8...28	2...13	1,1...9,5
Ацетилен	0,4... 1,25	-	-	0,35...0,5	0,25...0,5
Пропан-бутан	-	0,33...0,83	-	-	-
Природний газ	-	0,7... 1,86	-	-	-
Гас (кг/год)	-	-	0,5...1,5	-	-
Довжина, мм	550	530	580	315	315
Маса, кг	1,23	1,23	1,57	0,9	0,92

Газоподібний кисень зберігають і транспортують у сталевих балонах під тиском 15 МПа. При цьому тиску в балоні місткістю 40 л і вагою 67 кг за нормальних умов міститься майже 6,2 м³ кисню.

Якщо витрати кисню великі, його транспортують від підприємства-виробника в рідкому стані і газифікують на місці використаній. Переваги такого способу транспортування - зменшення транспортних витрат і витрат, пов'язаних з експлуатацією балонного господарства, безпека під час руху. Під тиском 0,101 МПа з 1 дм³ рідкого кисню виходить 860 дм³ газу, а з 1кг - 0,75 м³ газу. Крім того, газифікований з рідкого, кисень не містить вологи, тому його можна транспортувати по трубопроводах при низькій температурі навколишнього середовища.

Недоліком використання рідкого кисню є втрати його під час випаровування, зберіганім, транспортування (0,4.. 0,7 % від об'єму цистерни) та газифікації (5... 10 % місткості газифікатора).

Для транспортування рідкого кисню можна використати універсальні цистерни, технічні характеристики яких наведено у табл. 1.5.

Характеристики обладнання для газифікування рідкого кисню наведено у табл. 1.6.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики універсальних пальників для газового зварювання.

Вид пальника	Марка пальника	Тип пальника	Витрати газу, м ³ /год			Тиск газу, МПа			Комплект наконечників	Діапазон товщин сталі,	Довжина	Маса	Пальника кг
			кисень	ацетилен	Пропан-бутан	Кисень	Ацетилен	Пропан-бутан					
Безінжекторний	ГС-1	Г-1	0,011 - 0,070	0,01-0,06	---	0,01-0,08	0,01-0,08	---	0;00	0,1-0,6	230 - 260	0,24	
Інжекторний	Г2-04	Г-2	0,035 - 0,400	0,03-0,35	---	0,15-0,3	0,001-0,1	---	0;1;2;3	0,2-4,0	455	0,49	
	Г3-03	Г-3	0,065 - 2,65	0,065-2,5	---	0,15-0,35	0,001...0,1	---	1;2;3;4;5;6;7	0,5-30,0	601	0,955	
	ГЗУ-3-02*	---	0,09-1,26	---	0,025-0,34	0,2-0,3	---	0,001-0,1	1;2;3;4	0,3-5,0	456	0,55	
газоповітряний	ГВП-7	---	---	---	0,2-1,5	---	---	0,01-0,15	---	90-1,5**	475	1,2	

Таблиця 1.3. Технічні характеристики стаціонарних машин для газотермічного різання металів

Параметри	АСШ-70	ПКЦ-3,5-6-10УХН	ППлЦ-3.5-6У4	ПКК-2-4Ф-2	ПКФ2,5-1,6У4
Максимальна товщина сталевого листа, мм	150	100	100"	100	100
Кількість працюючих різаків	1-3	1-2	Г"	1-4	1-2
Витрати газу на 1 різак, м³/год					
Кисень	3Г	12	-	13,5	12
Ацетилен	1,95'	0,8	-	0,9	0,8
Природний газ	-	1,2	-	1,35	-
Пропан-бутан	-	0,5	-	0,55	-
Стиснене повітря	-	-	8	-	20
Робочий тиск газів, МПа					
Кисень	0,8	1,0	-	1,0	1,0
Ацетилен	0,03	од	-	0,03	0,10
Природний газ	-	0,1	-	0,05	-
Пропан-бутан	-	0,1	-	0,05	-
Стиснене повітря	-	-	0,6	-	0,4 ... 0,6
Електрична потужність, кВт	0,1	4	123	1	3
Напруга електричної мережі, В	220	380	380	380	380
Маса, кг	345	2000	4500	2500	2300

Примітка: * максимальні витрати газів на 3 різакі; ** товщина алюмінієвого листа; *** кількість плазмотронів

Вибираючи газифікатори, необхідно звертати увагу на те, щоб їх продуктивність була вища за витрати кисню за годину на дільниці газополуменевої обробки.

Вибір способу отримання і транспортування ацетилену для газопостачання споживачів залежить від об'єму споживання і відстані транспортування. Ацетилен на практиці постачають трьома способами:

- отриманням ацетилену на місці використання з пересувних ацетиленових генераторів;
- транспортуванням розчиненого ацетилену в сталевих балонах під тиском ~ 1,9 МПа;
- транспортуванням ацетилену, отриманого в стаціонарних генераторах, по трубопроводах.

Вибрати оптимальний спосіб отримання і транспортування ацетилену можна за рекомендаціями НДІАвтогенмаш, наведеними на рис. 1.

Таблиця 1.4. Технічні характеристики устаткування для газотермічного напилення

Характеристики	Апарати для напилення з використанням дротяних матеріалів		Установки для напилення порошку	
	МГИ-4А	МГИ-4П	УГПЛ	УГПТ
Продуктивність, кг/г				
Дріт Zn 0 4 мм	23	23	-	-
Порошок Zn	-	-	7	-
Полімерний порошок ПФИ-12	-	-	11	-
Порошок самофлюсівний ПГ-10П, ПГ-12Н	-	-	-	12
Діаметр дроту, мм	2 ...4	2 ... 4	-	-
Витрати газу, м³/год				
Стиснене повітря	60	60	30	-
Кисень	2,5	5,5	-	3
Ацетилен	1,3	-	1	1,5
Пропан	-	1,1	-	—
Тиск газу, МПа				
Стиснене повітря	0,4 ...0,5	0,4 ...0,5	0,3 ...0,6	-
Кисень	0,25 ...0,45	0,2 ...0,5	-	0,3
Ацетилен	0,06... 0,1	-	0,03 ... 0,1	0,03 ...0,1
Пропан	-	0,06 ... 0,14	-	-
Маса, кг	2,2	2,2	16	17,5

Таблиця 1.5. Технічні характеристики цистерн для транспортування рідкого кисню

Характеристики	Автозаправник ЗП-10	Універсальні цистерни		Залізнична цистерна типу 8Г-513
		ЦТК-0,5/0,25	ЦТК-10/0,6	
Об'єм резервуара, м³		0,5	10	33,35
Місткість, кг				
Кисень	-	540	10 250	-
Аргон	-	660	12 500	36 000
Азот	-	380	7 200	-
Робочий тиск, МПа	2,5	0,25	0,6	0,25
Втрати під час випаровування за добу, %	0,54	-	-	0,26... 0,39
Маса порожньої цистерни, кг	—	250	3400	35 500

Таблиця 1.6. Технічні характеристики газифікаторів

Характеристики	Газифікатори				
	АГУ-2М	АГУ-8К	гхк-3/16-200	гхк-25/15-2000	Г-1,6-0,28/40
Місткість резервуара, кг	1990	4900	3,2*	25*	1990
Робочий тиск на виході з випаровувача, МПа	15(20)	15(20)	0,1...1,6	0,1...1,6	15(20)
Швидкість заповнення балонів до тиску 20 МПа, м ³ /год	425	425	0...200"	0...2000* *	280±30
Втрати під час випаровування, %	4,8 ***	8,1***	0,41	0,12	-

Примітки: * місткість резервуара, м³; ** продуктивність при тиску в трубопроводі 1,6 МПа; *** втрати, кг/год

Таблиця 1.7. Технічні характеристики деяких ацетиленових генераторів

Система	Тип	Маса*, кг	Тиск газу**, МПа	Продуктивність, м ³ /год
КВ	ГНД-20	630/240	0,055/0,0044	20
ВК-ВВ	АСК-1	209/16	0,07/0,03	5
	АСК-3	570/50	0,15/0,07	10
	АНВ-1,25	42/5	0,01/0,0035	1,25
ВВ	АСП-1,25	21,3/3,5	0,15/0,07	1,25

Примітки: * у чисельнику - для генератора, у знаменнику - для карбіду кальцію; ** у чисельнику - максимальний, у знаменнику - робочий; *** для системи КВ використовують ірануляцію карбіду кальцію 15/80, для систем ВК-ВВ та ВВ-25/80

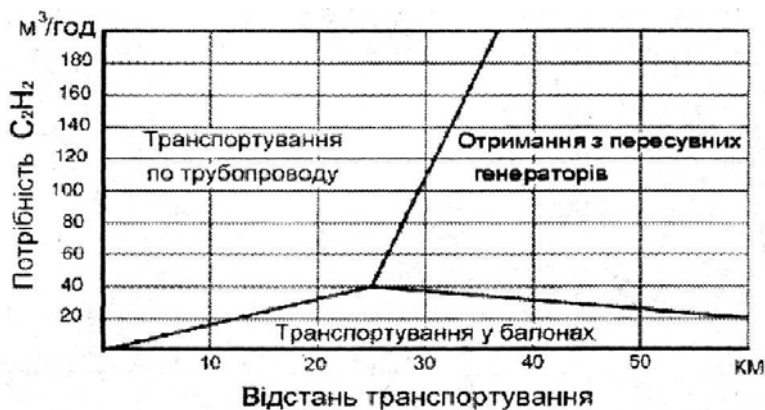


Рис. Рекомендації щодо оптимального використання різних способів отримання і транспортування ацетилену

Вибираючи ацетиленові генератори, необхідно враховувати, що продуктивність генератора має забезпечувати годинну витрату ацетилену на дільниці.

Технічні характеристики деяких ацетиленових генераторів наведено в табл. 1.7.

Розчинений ацетилен зберігають у сталевих балонах місткістю 40 л, масою 52 кг під тиском 1,9...2,5 МПа. При цьому тиску за нормальних умов у балоні знаходиться ацетилен масою 5...5,8 кг або об'ємом 4,6...5,3 м³.

Поширеними заміниками ацетилену є пропан-бутанова суміш (C₃H_а+C₄H_ш), яка належить до зріджених газів, та природний газ, який залежно від родовища приблизно на 94 % складається з метану і належить до стиснених газів.

До промислового виробника пропан-бутанову суміш можна подавати по трубопроводу або, переважно, у 50-літрових сталевих зварних балонах типу 3 масою 22 кг, у яких під тиском 1,6 МПа вміщується 12 м³ газу при робочій температурі від мінус 40 °С до плюс 45 °С.

Природний газ на робочі місця подають по трубопроводах під тиском до 1,5 МПа. При цьому немає потреби витратити кошти на експлуатацію балонного господарства, обслуговування генераторів і т. ін.

Послідовність виконання самостійної роботи

Відповідно до завдання розрахунково-графічної роботи вибрати стандартні установки або обладнання для дільниці газотермічної обробки матеріалів.

Використовуючи технічні характеристики установок, наведені в довідковій літературі та каталогах, визначити, які гази використовують у процесі експлуатації вибраного обладнання, визначити їх витрати і розрахувати загальні витрати цих газів на дільниці за годину, добу, місяць.

Обумовивши відстань від підприємства - виробника газів до споживача і врахувавши необхідний запас газів на підприємстві, визначити спосіб отримання газів, вибрати необхідні транспортні засоби для їх доставки на підприємство, а також, якщо треба, обладнання для їх газифікації або виробництва.

Приклад виконання самостійної роботи

Завдання 1. Визначити гази, необхідні для газопостачання виробничої дільниці з 10 установок для механізованого газотермічного різання листового матеріалу з маловуглецевої сталі завтовшки до 150 мм, розрахувати їх необхідну кількість і способи доставки на підприємство.

Розв'язування

1. За довідковою літературою та каталогами газотермічного обладнання вибираємо установку для механізованого різання листового матеріалу з маловуглецевої сталі завтовшки до 150 мм. За технічною характеристикою (табл. 1.3) такою установкою може бути АСШ-70, яка може розрізати сталевий лист завтовшки до 150 мм.

При цьому витрати ацетилену становлять 1,95 м³/год; кисню - 37 м³/год.

Робочий тиск ацетилену - 0,03 МПа; кисню - 0,8 МПа;

Кількість різаків до 3, електрична потужність 0,1 кВт, напруга електрорежі 220 В, маса 345 кг.

2. Визначаємо потребу кисню для газопостачання дільниці на годину: $37 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 10 = 370 \text{ м}^3/\text{год}$; на зміну: $370 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 8 = 2960 \text{ м}^3/\text{зм.}$; на місяць: $2960 \text{ м}^3/\text{зм.} \cdot 25 = 74000 \text{ м}^3/\text{міс.}$

3. Визначити спосіб доставки кисню можна по-різному.

Варіант 1. Визначаємо кількість вантажівок для доставки кисню в газоподібному стані в балонах.

• Потрібна кількість балонів на годину: $370 \text{ м}^3/\text{год} : 6,2 \text{ м}^3 = 60 \text{ бал/год.}$

• Потрібна кількість балонів на зміну: $60 \cdot 8 = 480 \text{ балонів.}$

• Маса всіх балонів: $67 \text{ кг} \cdot 480 = 32160 \text{ кг.}$

Оскільки вантажопідйомність автомобіля КАМАЗ майже 4 т, то, щоб забезпечити дільницю киснем, за зміну необхідно приблизно 8 машиноперевезень, що, враховуючи великі відстані, не є раціональним способом транспортування кисню.

Варіант 2. Виходячи з рекомендації, що при потребі кисню більше як 10 000 м³/міс. раціонально транспортувати його в рідкому стані, вибираємо транспортування в рідкому стані. Враховуючи, що з 1 м³ рідкого кисню виходить 860 м³ газоподібного, на зміну потрібно $2960 : 860 = 3,442 \text{ м}^3$ рідкого кисню. Для транспортування 3,442 м³ рідкого кисню за зміну достатньо у два дні один раз перевезти його автозаправником ЗП-10, що є раціональним варіантом доставки кисню, якщо на підприємстві є газифікатор.

Для газифікації кисню можна використати газифікатор ГХК-8/16-500, технічні характеристики якого такі:

Об'єм резервуара	8 м ³
Робочий тиск на виході з випаровувача.....	0,1 ... 1,6 МПа
Продуктивність	0 - 500 м ³ /год
Максимальна кількість рідкого кисню, що заливають у резервуар.....	10 000 кг
Максимальні добові втрати від повної кількості при зберіганні рідкого кисню з відкритим газовикидом	0,28 %.

Технічні характеристики стаціонарного газифікатора повністю забезпечують газопостачання дільниці киснем.

Замість автозаправника ЗП-10 та газифікатора ГХК-8/16-500 для транспортування та газифікації кисню можна використати автомобільну газифікаційну установку АГУ-8К, змонтовану на автомобілі КРАЗ-257. її технічні характеристики такі: кількість рідкого кисню, що заливають до резервуара, - 6 000 Ю-С (000 м³); максимальний тиск газоподібного кисню - 20 МПа; швидкість заповнення балонів до тиску 20 МПа - 425 м³/год, що дає можливість заповнювати балони у разі живлення дільниці від розподільної рампи. Але це не

оптимальний вихід, бо при такій продуктивності газифікатора не можливо раціонально використати автотранспорт.

4. Вираховуємо потребу ацетилену для газопостачання дільниці на годину: $1,95 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 10 = 19,5 \text{ м}^3/\text{год}$; на зміну: $19,5 \text{ м}^3/\text{год} \cdot 8 = 156,0 \text{ м}^3/\text{зм.}$; на місяць: $156 \text{ м}^3/\text{зм.} \cdot 25 = 3\,900 \text{ м}^3/\text{міс.}$

5. Визначаємо спосіб отримання та доставки ацетилену.

За умови транспортування на відстань від 10 до 50 км найраціональнішим є транспортування в балонах розчиненого ацетилену, отриманого на ацетиленових станціях.

Транспортувати ацетилен на відстань менше як 10 км раціонально по ацетиле-нопроводах від стаціонарних генераторів.

Продуктивність стаціонарного генератора має бути не менш як $19,5 \text{ м}^3/\text{год}$. Для газопостачання можна використати генератор системи КВ марки ГНД-20, технічні характеристики якого такі:

Продуктивність.....	20 м ³ /год
Тиск ацетилену	
робочий.....	0,004 МПа
максимальний	0,055 МПа
Одночасне завантаження карбіду кальцію.....	240 кг
Маса генератора	630 кг
Витрати води на охолодження.....	500 л/год.

Висновки

Для газопостачання дільниці з 10 установок АСШ-70 для ацетиленокисневого різання листового матеріалу з маловуглецевої сталі завтовшки до 150 мм необхідно на місяць 74 тис. м³ кисню та 3,9 тис. м³ ацетилену. Транспортувати кисень в підприємство доцільно в рідкому стані автозаправником типу ЗП-10 з використанням стаціонарного холодного газифікатора ГХК-8/16-500. Можливою, але не оптимальною є доставка кисню автомобільною газифіка-ційною установкою АГУ-8К.

Транспортувати ацетилен на відстань від 10 до 50 км доцільно в балонах, а на відстань до 10км - по трубопроводах від ацетиленової станції із стаціонарним генератором, продуктивність якого не менша, ніж у генератора ГНД-20.

2. АПАРАТУРА, УСТАТКУВАННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ПОСТІВ ГАЗОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

Мета: розробити схему газопостачання і план дільниці газополуменевої обробки матеріалів.

Загальні положення

Робоче місце газозварника та газорізальника обладнують для пересувних або стаціонарних робіт.

Пересувне робоче місце комплектують балонами з киснем та пальним газом, редукторами для відповідних газів, гумотканинними шлангами, пальником, різакром та протипожежними засобами. Усе це комплектують і транспортують на візку. Замість балона з пальним газом можна використати пересувний ацетиленовий генератор, але перевозити ацетиленовий генератор на одному візку разом з кисневим балоном заборонено.

Пересувне робоче місце слід обов'язково огородити, ацетиленовий генератор установити прямо і захистити від випадкових поштовхів та ударів, постійно наглядати за ним.

Генератор має бути віддалений від місця зварювання металу, а також від будь-якого відкритого вогню і дуже нагрітих виробів не менше як на 10 м. Довжина шлангів для газового зварювання не повинна перевищувати 20 м. Виконуючи монтажні роботи, довжину шланга можна збільшувати до 40 м. Балони з ацетиленом і киснем треба ставити під навісом вертикально у спеціальному стояку, прикріплювати хомутами або ланцюгами, оберігати їх від ударів і падіння. Балони обов'язково встановлюють на відстані не менше як 1 м від приладів опалення і 5 м від нагрівальних печей та інших потужних джерел тепла. Відстань між кисневим балоном і газогенератором або балоном з пальним газом має бути не менш як 5 м.

У приміщеннях, де виконують тимчасові роботи, можна встановлювати тільки один переносний ацетиленовий генератор продуктивністю не більше як 3 м³/год. Карбід треба зберігати в герметичних бачках з розрахунку максимального одноразового завантаження карбиду кальцію не більше як 4 кг. На один апарат необхідно мати один пальник і один різак із сумарною потужністю не більше як 2 м³ ацетилену в годину. Приміщення об'ємом не менше як 300 м³ повинно мати вентиляцію. Дерев'яні перегородки, що знаходяться на відстані ближче як 5 м від газозварювальних постів, треба оштукатурити, а двері оббити азбестом.

Стаціонарні робочі місця в умовах дільниці цеху або майстерні газополуменевої обробки металів обладнують у пожежобезпечному приміщенні зазвичай із централізованим постачанням газів цеховими газопроводами від розподільних рамп або стаціонарних генераторів та газифікаторів через газорозбірні

пости для кисню, ацетилену, газів - замінників ацетилену. Технічні характеристики деяких з них наведено у табл. 2.1. Відстань між газорозбірними постами кисню та пального газу має бути не менше як 150 мм, а відстань від підлоги не менше як 600 мм. При роботі з ручним інструментом до кожного газорозподільного поста можна приєднати тільки один пальник або різак.

Робочий пост газозварника має стіл для зварювання з економізатором, припливно-витяжну вентиляцію з місцевим відсмоктуванням повітря 1 700 - 2 500 м³/год, шухлядки та стелажі для інструменту, пристосувань, зварювальних матеріалів, вогнегасник, ящик з піском.

При роботі з пропаном робочий пост необхідно додатково обладнати вентиляцією з нижнім відсмоктуванням повітря, оскільки пропан важчий за повітря і в разі витікання скупчується над підлогою.

Централізоване газопостачання робочих місць для газополуменевої обробки матеріалів відбувається по трубопроводах, які приєднують до генераторів, газифікаторів або пропускних рамп.

До комплексу газопостачання також входять редуктор, який устанавлює робочий тиск газу в трубопроводі, магістральні трубопроводи, редуктори, економізатори та вентиляції на кожному робочому місці, а також запобіжні затвори в трубопроводах пальних газів.

Трубопровідну систему для транспортування газу необхідно розраховувати для максимальної годинної витрати газу із забезпеченням необхідного робочого тиску за формулою

$$d = \sqrt{4 \cdot G / \pi \omega \rho \cdot 3600} = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \omega \cdot 3600}} \quad (3.1)$$

де d - внутрішній діаметр трубопроводу, м; G - максимальні витрати газу, кг/год; ω - швидкість газу в трубопроводі, м/с; ρ - густина газу, кг/м³; V - витрати газу, м³/год.

Вибирати матеріали для кисневопроводів слід, зважаючи на можливість загоряння сталі в кисні, наприклад, від удару або тертя окалини на ділянці після вигину труби. Тому сталеві трубопроводи допускаються, якщо швидкість кисню в трубопроводі $w < 8$ м/с, тиск в електрозварних трубопроводах - 1,6 МПа, у безшовних діаметром до 400 мм - 1,6...6,4 МПа, у безшовних підземного укладення - 6,4...20,0 МПа. Якщо тиск і швидкість більші, кисневопровід виконують з міді або мідних сплавів.

Ацетиленопроводи треба виготовляти із сталевих безшовних труб. Швидкість потоку ацетилену, а також шіазмотвірних газів у трубі може бути $w = 10...25$ м/с. Трубопроводи червоного кольору призначено для ацетилену і його замінників під тиском до 0,63 МПа; жовтого кольору - для рідких пальних газів під тиском до 0,63 МПа; блакитного кольору - для кисню під тиском до 2,0 МПа.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики газорозбірних постів

Газорозбірні пости	Рід газу	Пропускна спроможність М ³ /год	Тиск газів Мпа (кгс/см ²)		Опір потоку газу Мпа (кгс/см ²)	Тип редуктора	Тип запобіжного	Габарити, мм	Маса, кг
			На вході	На виході					
Пгк-10	кисень	10,0	0,2...1,6 (2...16)	0,01...0,5 (0,1...5)	0,03...0,025 (0,3...0,25)	ДКС-66 (СКО-10)	---	335×400 ×220	8,0
ПГК-40		40,0	0,3...15 (3...150)	0,1...1,5 (1...1,5)	0,1-1,5 (1-1,5)	ДКП-1-65	---	330×380 ×220	8,4
ПГА-3,2-70	ацетилен	3,2	0,07 (0,7)	---	0,06 (0,6)	---	ЗСП-8	300×270 ×165	14,2
ПГУ-5		5,0	0,03...0,15 (0,3...1,5)	---	0,025 (0,25)	---	ЗСУ-1	150×182 ×425	6,4
ПГЗ-10	Пропан-бутан, природний газ	10,0	0,15 (1,5)	0,125 (1,25)	0,025 (0,25)	ДПС-1-64 ДМС-25	ЛЗС-2	210×190 ×195	---

Технічні характеристики деяких пропускних рамп наведено в табл. 2.2, редукторів - у табл. 2.4, запобіжних затворів - у табл. 2.3.

Газорозподільний пост або балон приєднують через редуктор до пальника або різака з допомогою шлангів із вулканізованої гуми з тканинними прокладками. Довжина шлангів - 8.. 20 м, внутрішній діаметр - 6, 9, 12 мм.

Таблиця 2.2. Технічні характеристики пропускних (розрядних) рамп

Показник	Рампа ацетиленова 2x6 РАР-15*	Рампа пропан-бутанова 2x5	Рампа киснева 2x10
Кількість приєднаних балонів, шт.			
в одному колекторі	6	5	10
у двох колекторах	12	10	20
Найбільша пропускна здатність, м ³ /год			
в одному колекторі	7,5	12,5	125
у двох колекторах	15	25	250
Максимальний робочий тиск газу, МПа (кгс/см ²)			
до редуктора	2,5(25)	2,5 (25)	20 (200)
після редуктора	0,02 ... 0,1 (0,2... 1)	0,02 ... 0,3 (0,2 ... 3)	0,3 ... 1,6 (3...16)
Марка редуктора	РАД	РПД	РКЗ-250

Примітки: * на виході з рампового редуктора комплектують центральним затвором ЗПС-20

Таблиця 2.3. Технічні характеристики запобіжних пристроїв

Запобіжний затвор	Тип	Пропускна здатність, м ³ /год	Тиск пального газу перед запобіжником, МПа	Опір газовому потоку, МПа	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
Рідкий середнього тиску	ЗСП-8	3,2	0,07	0,006	210x165x690	5,7
Сухий середнього тиску	ЗСУ-1	5	0,15	0,020	0 80x195	1,9
Сухий	ЗСА-1	20	0,07	0,006	0 76x120	2,04
Зворотний клапан	ЛЗС-1	10	0,30	0,010	0,01	0,01

Таблиця 2.4. Технічні характеристики деяких редукторів.

Робочий газ	Марка редуктора (заводська)	Тип редуктора	Максимальний тиск на вході в редуктор МПа	Робочий тиск МПа	Пропускна спроможність	Габаритні розміри	Маса, кг	Призначення редуктора
кисень	БКО-25-1	БКО-25	20,0	0,1...0,8	25	172x190x160	2,00	Балонний
	ДКР-250	РКД-250	20,0	0,3...1,6	250	165x160x235	15,00	Рамповий
	ДКС-66	СКО-10	1,6	0,01...0,5	10	165x160x150	1,85	Мережний
ацетилен	ДАП-1-65	БАО-5	2,5	0,01...0,12	5 10	170x260x160	2,50	Балонний
	ДАС-66	САО-10	0,1	0,01...0,1	30	165x160x150	1,85	Мережний
	ДАР-1-65	РАД-30	3,0	0,02...0,1		335x270x345	9,15	Рамповий
Пропан-бутан	ДПП-1-65	БАО-5	2,5	0,01...0,3	5	170x145x172	2,00	Балонний
	ДПС-66	САО-10	0,3	0,02...0,15	6	165x160x150	1,85	Мережний
	ДПР-1-64	РАД-30	2,5	0,02...0,3	25	335x285x355	9,30	Рамповий
Метан, водень	ДМС-66	СМО-35	0,3	0,02-0,15	35	165x160x150	1,85	Мережний
	ДВП-2-80	БВО-80	20	0,1-1,5	80	190x160x170	2,00	Балонний

Послідовність виконання самостійної роботи

Виконавши розрахунки завдання 1 (с. 12) для вибраного способу доставки та отримання газів, студент має визначити матеріали для кисневопроводу і ацетиленопроводу, розрахувати діаметри труб, вибрати прибори, які забезпечують безпечну роботу обладнання і необхідний тиск та витрати газів на стаціонарних або пересувних робочих місцях.

Студент має розробити схему газопостачання ділянки киснем та паливом газом з використанням вибраного газового обладнання та приладів.

Приклад виконання самостійної роботи

Завдання 2. Розробити схему газопостачання виробничої ділянки з 10 установок для механізованого газотермічного різання листового матеріалу з маловуглецевої сталі завтовшки до 150 мм. Визначити необхідне стандартне устаткування і газову апаратуру для укомплектування схеми газопостачання постів газополуменевої обробки матеріалів (ГПОМ).

Розв'язування

1. За довідковою літературою та каталогами обладнання обираємо установку з відповідними технічними характеристиками, як зроблено в завданні 1 (с. 12). Визначивши у завданні 1 необхідні гази та розрахувавши їх годинну витрату для 10 установок АСШ-70 (ацетилен - 19,5 м³/год, кисень - 370 м³/год), визначивши спосіб транспортування і отримання газів (кисень з газифікатора ГХК-8/16-500 і ацетилен у балонах), вибираємо необхідну газову апаратуру, обладнання, розраховуємо трубопроводи для централізованого газопостачання ділянки.

2. Вибираємо обладнання та газові комунікації газопостачання ділянки киснем.

Розрахунок кисневопроводу. Ураховуючи робочий тиск кисневопроводу 1,6 МПа та продуктивність холодного газифікатора ГХК 8/16-500 $V = 500$ м³/год, можна вибрати сталеві суцільнотягнуті або зварні труби і розрахувати їх діаметр за умови швидкості потоку $w < 8$ м/с.

За формулою (3.1) розрахуємо мінімальний діаметр киснево проводу:

$$d_m = \sqrt{\frac{4G_{\text{кис}}}{\pi w}} \cdot 3600 = \sqrt{\frac{V_{\text{кис}}}{\pi w 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 500}{\pi \cdot 8 \cdot 3600}} = 0,149 \text{ м} \approx 149 \text{ мм}$$

Беремо найближчий за стандартом діаметр магістральної труби кисневопроводу - 150 мм. Діаметр труб відгалуження на кожне робоче місце розраховуємо виходячи з максимальної витрати кисню на одну установку АСШ-70 $V=37$ м³/год, мм:

$$V_{\text{есн}} = 37 \text{ м}^3 / \text{год}$$
$$d_{\text{відг}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 37}{\pi \cdot 8 \cdot 3600}} \approx 40 \text{ мм}$$

Вибір газових приладів для стаціонарного посту. На кожному стаціонарному посту газотермічного різання встановлюємо кисневий газорозбірний пост ПГК-40, який комплектуємо вентилем та редуктором ДКП-1-65, що забезпечує робочий тиск у діапазоні від 0,1 до 1,5 МПа та пропускну здатність близько 40 м³/год.

3. Вибираємо обладнання та газові прилади для газопостачання дільниці ацетиленом.

Вибір розподільчої рампи та розрахунок ацетиленопроводу. Виходячи з годинної витрати ацетилену на дільниці 19,5 м³/год розраховуємо необхідну кількість ацетиленових балонів на годину, балон / год:

$$\eta = 19,5 \text{ м}^3/\text{год} : (4,6 \dots 5,3 \text{ м}^3) \approx 4.$$

Для централізованого постачання ацетилену використовуємо модернізовану ацетиленову рампу з двома колекторами по шість балонів (2x6), укомплектувавши її редуктором ДАР-1-65 (РАД-30) з максимальною пропускну здатністю 30 м³/год, максимальним тиском на вході 3,0 МПа і робочим тиском у межах 0,02 ... 0,1 МПа та центральним "сухим" затвором ЗПС-20 з пропускну здатністю 20 м³/год, робочим тиском 0,15 МПа. Матеріал ацетиленопроводу - сталеві суцільнотягнуті труби діаметром

$$d = \sqrt{\frac{4V_{\text{ацет}}}{\pi \omega 3600}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,5}{\pi \cdot 10 \cdot 3600}} = 0,026 \text{ м}$$

Беремо для ацетиленопроводу найближчий стандартний розмір труби - 30 мм.

Вибір газових приладів для стаціонарного робочого місця. На кожному стаціонарному робочому місці встановлюють газорозбірний пост ацетилену ПГУ-5, укомплектований вентилем та сухим затвором ЗСУ-1 з підвищеним опором газовому потоку до 0,025 МПа, але його можна використати в ацетиленопроводах з підвищеним тиском газу до 0,15 МПа.

4. Розробляємо схему газопостачання дільниці.

Після обґрунтування і вибору необхідного газового обладнання та апаратури пропонуємо схему газопостачання дільниці з 10 машин для кисневого різання АСШ-70 (рис. 2, 3).

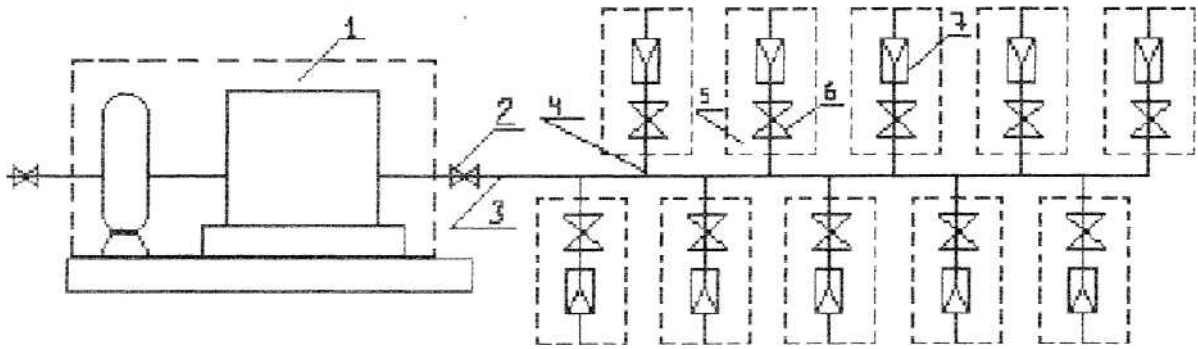


Рис. 2. Принципова схема газопостачання дільниці для кисневого різання газоподібним киснем під тиском 1,6 МПа:

1 - газифікатор ГХК-8/16-500; 2 - вентиль; 3 - магістральний кисневопровід на 1,6 МПа, \varnothing 150 мм; 4 - відгалужений кисневопровід на 1,6 МПа, \varnothing 40 мм; 5 - газорозбірний пост ПГК-40; 6 - вентиль; 7 - кисневий редуктор ДКП-1 -65

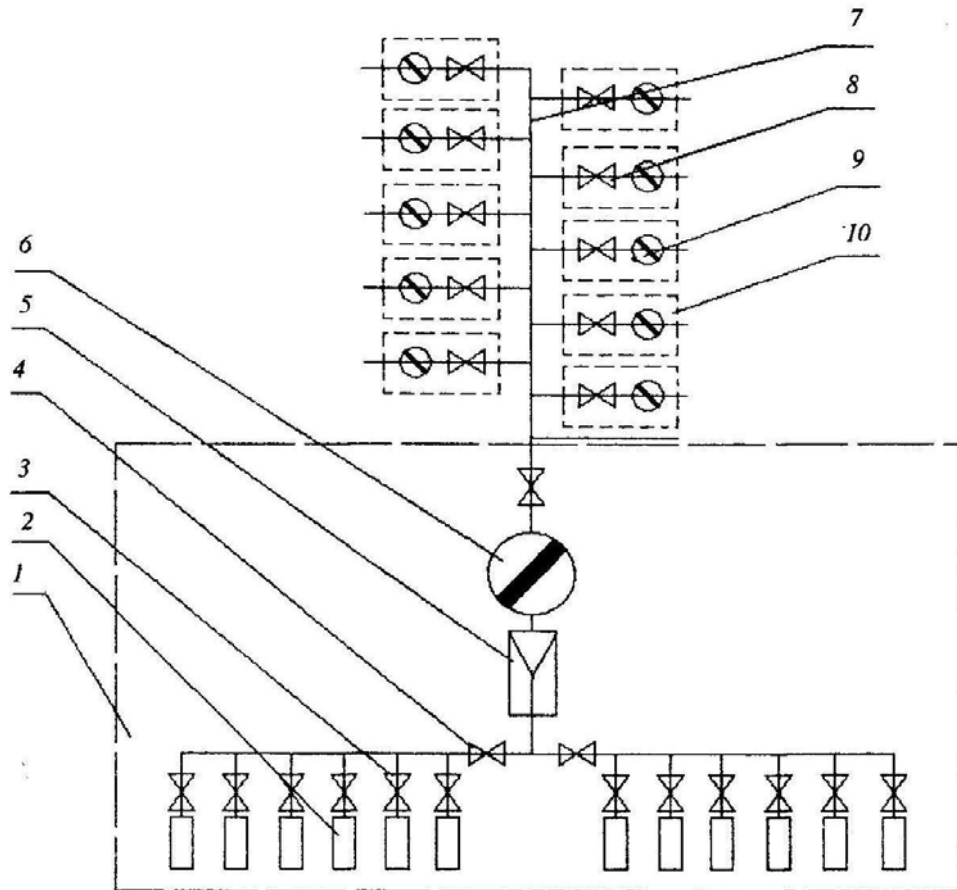


Рис. 3. Принципова схема газопостачання дільниці кисневого різання ацетиленом:
 1 - ацетиленова рампа (2 плеча по 6 балов); 2 - ацетиленовий балон; 3 - вентиль балонний; 4 - вентиль колектора; 5 - ацетиленовий рамповий редуктор ДАР-1 -65 (РАД-30); 6 - центральний "сухий" затвор ЗПС-20; 7 - ацетиленопровід, \varnothing 30 мм; 8 - вентиль постовий; 9 - Постовий "сухий" затвор ЗСУ-1; 10 - газорозбірний пост ацетилену ПГУ-5

3. ТЕХНОЛОГІЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТА ПАЯННЯ

Мета: розробити типовий технологічний процес створення зварного з'єднання, визначити параметри технологічного процесу газового зварювання.

Загальні положення

Є два способи газового зварювання - правий та лівий.

Зварювання правим способом ведеться хвіла направо, полум'я направлено на вже наплавлений метал та присадний дріт. Цей спосіб використовують для зварювання металу завтовшки більше як 3 - 4 мм. При цьому підвищується продуктивність зварювання на 10 - 15 %, а витрати газу зменшуються до 18% порівняно з лівим способом зварювання.

Зварювання лівим способом ведеться справа наліво, полум'я направлено на нерозплавлені кромки зварюваного металу та на присадний дріт. Спосіб рекомендується використовувати для зварювання тонкого металу.

Основними параметрами процесу газового зварювання є витрати пального газу, за яким вибирають номер наконечника пальника; співвідношення між киснем і палим газом, діаметр та марку присадного дроту.

Потужність полум'я розраховують за питомими витратами пального газу, необхідного для зварювання одного міліметра товщини металу, за формулою

$$V_{C_2H_2} = k \delta \quad (4.1)$$

де δ - товщина металу, мм; k - питомі витрати ацетилену для зварювання металу завтовшки 1мм, $dm^3/год$.

Практикою встановлено такі витрати ацетилену для деяких металів:

Сталь вуглецева.....	100-150 $dm^3/год$
Сталь легована.....	80-120 $dm^3/год$
Чавун.....	80- 120 $dm^3/год$
Мідь.....	150 - 200 $dm^3/год$
Латунь.....	100 $dm^3/год$
Бронзи.....	100 $dm^3/год$
Алюміній.....	75 - 100 $dm^3/год$
Алюмінієві сплави (АМг, АМц).....	40-45 $dm^3/год$
Нікель.....	180 $dm^3/год$
Нікелеві сплави.....	140 $dm^3/год$
Свинець.....	25 доЛгод
Олово.....	30 $dm^3/год$

Випускають пальники мікропотужності з витратами ацетилену 10...60 $dm^3/год$, малої потужності - 25...400 даЛгод, середньої потужності - 50...2 800 даг'/год та великої потужності 2 800...7 000 $dm^3/год$. До кожного з них додають відповідний комплект наконечників.

Пальник для зварювання та його наконечник підбирають за витратами пального газу.

За розрахованими витратами ацетилену вибирають відповідний номер наконечника згідно з табл. 3.1, а за номером наконечника - пальник (див. табл. 1.2).

Нагрівання металу регулюють також кутом нахилу пальника до металу. Чим ближче кут нахилу до вертикалі, тим більше теплоти вводиться в метал.

При зварюванні газами - заміниками ацетилену витрати пального газу визначають за формулою

де y - коефіцієнт заміни ацетилену на газ-замінник (для пропан - бутанової суміші $\psi = 0,6$; природного газу $\psi = 1,6$; воднево-кисневої суміші, отриманої з електролізно-водневих генераторів $\psi = 2$).

Для зварювання металів газами - заміниками ацетилену використовують пальник ГЗУ-3-02 (див. табл. 1.2). Номери наконечників пальників ГЗУ-3-02 визначають відповідно до розрахованих за формулою (4.2) витрат газів за табл. 3.2.

Діаметр присадного дроту розраховують за формулами:

для лівого способу зварювання, мм - $d = (\delta/2+1)$;

для правого способу зварювання, мм - $d = \delta/2$.

Для зварювання конструкційних нелегованих сталей ацетиленом використовують низьковуглецевий дріт марки Св08, Св08А, а для зварювання газами - заміники ацетилену Св08Г2С, Св08ГС.

Для зварювання конструкційних низьковуглецевих сталей зазвичай зварювальні флюси не використовують. Їх використовують для зварювання вуглецевих та легованих сталей, кольорових металів.

Прихватку при газовому зварюванні роблять з кроком від 50 до 150 мм на параметрах режиму, аналогічних зварюванню.

Таблиця 3.1. Наконечники ацетиленових пальників з безперервною шкалою потужності

Номер наконечника	0	1	2	3	4	5	6	7
Витрати ацетилену, дм ³ /год	20... 60	50 ... 135	135 ... 250	250... 400	400 ... 700	700 ... 1100	1050... 1750	1700... 2500

Таблиця 3.2. Наконечники пальника ГЗУ-3-02 для газів - заміників ацетилену

Газ	Номер наконечника			
	1	2	3	4
	Витрати газу, дм ³ /год			
Пропан-бутан	25...50	70...95	145...190	210...340
Природний газ	70...140	170...230	340...450	650...830
Кисень	90...180	260...340	520...680	950... 1260

Послідовність виконання самостійної роботи

Для заданої в розрахунково-графічній роботі зварної конструкції з визначеною маркою й товщиною матеріалу розрахувати необхідні витрати газів, діаметр присадного дроту, вибрати відповідний номер наконечника та зварювальний пальник, марку присадного дроту. Описати особливості технології зварювання матеріалу, визначити технологічні параметри процесу зварювання, характер зварювального полум'я, присадний дріт, флюси, термічну обробку до та після зварювання. Визначити необхідний комплект зварювального обладнання та устаткування. Розробити технологічний процес газового зварювання зварної конструкції.

Приклад виконання самостійної роботи

Завдання 3. Визначити технологічні параметри газового зварювання по-здовжнього стикового шва на обичайці діаметром 150 мм завтовшки 3 мм, завдовжки 0,5 м з латуні Л62. Вибрати необхідне обладнання, інструмент, газову апаратуру, розробити технологічний процес газового зварювання обичайки.

Розв'язування

1. Розраховуємо параметри режиму зварювання.

Виходячи з товщини металу обичайки 3мм визначаємо лівий спосіб зварювання. Витрати ацетилену

$$V_{C_2H_2} = 100 \cdot 3 = 300 \text{ дм}^3/\text{год.}$$

Для цих витрат пального газу необхідно застосовувати наконечник № 3, який входить у комплект пальника Г2-04.

Для запобігання випаровуванню цинку при зварюванні латуні треба використати окиснювальне полум'я з $\beta = V_{O_2} / V_{C_2H_2} = 1,4$. Витрати кисню при цьому будуть $V_{O_2} = 300 \cdot 1,4 = 420 \text{ дм}^3/\text{год.}$

Для розкиснення металу зварювальної ванни необхідно використовувати флюс (буру 100 %) та присадний дріт марки ЛОК59-1-03 (самофлюсівний латунний дріт, до складу якого входить до 40 % цинку з додатком олова та кремнію). Зварювання в нижньому положенні дротом $d = 1,5/2 + 1 = 1,8 \text{ мм}$ в один прохід. Кут нахилу пальника $30^\circ - 40^\circ$.

2. Зварювання виконують на стаціонарному робочому місці. Обладнання робочого місця: газорозподільні пости ПГК-10 та ПГА3,2-70, змонтовані на стіні (відстань між ними 200 мм та від підлоги 600 мм; стіл зварювальника з нижньою вентиляційною витяжкою, обмін повітря в якій не менше $1700 \text{ м}^3/\text{год.}$; пальник Г2-04; пристосування для закріплення обичайки; вогнегасник та ящик з піском, шухлядки та стелажі для інструменту, заготовок, готових виробів, флюсу, присадного дроту.

Зварювальник повинен мати респіратор, захисні окуляри закритого типу та користуватися відповідним одягом: бавовняним костюмом із вогнестійким просоченням, брезентовими рукавицями, шкіряними черевиками.

3. Визначаємо послідовність операцій при газовому зварюванні обичайки.

Підготовка обичайки під зварювання. Зачистити кромки та прилеглий метал металічною щіткою на ширину 50 мм з кожного боку шва. Закріпити обичайку в зоні дії витяжної вентиляції в пристосуванні для зварювання та прихват йти короткими швами завдовжки не більше як 5мм з кроком 50-100 мм.

Зварювання. Установити номер наконечника № 3, щоб отримати потужність полум'я пальника з розрахунку 300 л/год ацетилену, і відрегулювати окиснювальне полум'я. Нанести флюс на поверхню обичайки та присадного дроту або у вигляді пасти, або попереднім підігріванням дроту й зануренням його у флюс. Установити пальник і присадний дріт під кутом 30° - 40° та провести зварювання за один прохід.

Обробка після зварювання. Загартувати шов при температурі 650 °С (метал нагрівається до темно-червоного кольору). Провести низькотемпературний (270 - 300 °С) відпал обичайки. Зачистити шов від бризок та залишків флюсу.

4. ГАЗОТЕРМІЧНЕ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

Мета: вибрати спосіб і технологію газотермічного різання металу.

Загальні положення

Газотермічне різання металів поділяють на газокисневе та газоелектричне. Процес газокисневого різання металів полягає в згорянні (інтенсивному окисненні) металів у потоці кисню з примусовим видаленням цим потоком утворених оксидів. Газоелектричні способи різання основані на розплавленні теплою, що виділяється електричною дугою або плазмою, металів з подальшим видаленням розплаву струминою газу або плазми.

Газокисневим способом можна різати метал, який відповідає таким вимогам:

1. Температура плавлення металу має бути вища за температуру його загоряння в кисні.
2. Температура плавлення металу має бути вища за температуру плавлення оксидів, що утворюються в процесі різання.
3. Тепловий ефект утворення оксидів має бути досить великим, щоб основне тепловкладення при різанні було за його рахунок.
4. Консистенція шлаків, які утворюються при різанні, має бути якомога нижча.
5. Теплопровідність розрізаного металу має бути якомога нижча.

Цим вимогам повністю відповідають маловуглецеві сталі та титан. Для різання деяких матеріалів, температура горіння яких вища за температуру плавлення, а також металів, що утворюють тугоплавкі оксиди, необхідна додаткова кількість теплоти. Це досягається введенням у зону різання флюсів, які під час горіння виділяють більшу кількість теплоти. Як флюси при киснево-флюсовому різанні використовують залізні порошки з умістом вуглецю від 0,08 до 0,4 %. До залізного порошку при різанні хромонікелевих сплавів доцільно додавати 10 - 15 % алюмінієвого порошку, при різанні кольорових металів та бетону - 65 %. Досить широке розповсюдження отримали способи газоелектричного різання: дугове, повітряно-дугове, киснево-дугове та різання плазмовою дугою та плазмовим струменем. Джерелом теплової енергії в цих способах є електричний дуговий розряд між електродом та виробом або плазмовий струмінь. Для них характерна висока температура стовпа газу, який заповнює стовп дуги або струмінь плазми.

Основними параметрами газокисневого різання (табл. 4.1 та 4.2) є тиск різального кисню, витрати газів: кисню та паливних газів, за якими вибирають номери внутрішнього та зовнішнього мундштуків різача. При киснево-флюсовому різанні до цих параметрів (табл. 4.3) додаються витрати флюсу та швидкість різання.

Основними параметрами при електродугових способах різання є сила струму, напруга, діаметр електродів і витрати повітря при повітряно-дуговому, кисню при киснево-дуговому та плазмотвірних газів при плазмовому методі різання. При дуговому різанні спеціальними електродами ОЗР-1 рекомендують таку силу струму:

Діаметр електрода, мм	3	4	5	6
Сила струму, А	110 ... 170	180... 250	260 ... 350	360... 600

При повітряно-дуговому різанні різакон РВДм-3/5 рекомендують таку силу струму:

Товщина розрізуваного металу, мм	5	15	25
Діаметр графітового електрода, мм	6	8	10
Сила струму, А	250... 270	300... 380	380 ... 480

Номінальні витрати повітря - 20 м³/год, тиск повітря - 0,5 - 0,6 МПа. Різак РВДл-1000 працює на графітових електродах прямокутного перерізу 15x25 мм завдовжки 250 мм. Номінальний струм до 1 200 А, витрати повітря 30...40 м³/год. Орієнтовні режими плазмоводугового різання наведено в табл. 4.4; 4.5; 4.6; 4.7.

Таблиця 4.1. Режими різання сталі ручними різаконми

Параметри режиму різання	Товщина розрізуваної сталі, мм						
	3 ...8	8 ... 15	15 ... 30	30... 50	50... 100	100 ... 200	200... 300
Тиск різального кисню, МПа	0,25	0,35	0,4	0,4	0,5	0,75	1,0
Витрати газів, м³/ год							
Кисень	1,78 ... 2,5	3,2 ... 4,1	4,7 ... 5,8	7,5 ... 8,2	12,1 ... 13,5	21,75 ... 23	33,2
Ацетилен	0,4	0,5	0,65	0,65	0,87	1,25	-
Пропан-бутан	0,33	0,4	0,46	0,46	0,6	0,65	0,83
Природний газ	0,6	0,87	0,92	0,92	1,3	1,45	1,86
Номери внутрішнього та зовнішнього мундштуків при використанні							
ацетилену	0; 1	1; 1	2; 1	3; 1	4; 2	5; 2	
газу - заміника ацетилену	0П; 1П	1П; 1П	2П; Ш	3П; 1П	4П; 2П	5П; 2П	6П; 2П

Таблиця 4.2. Режими різання сталі машинними різачками типу РМ

Параметри	Товщина розріз уваної сталі, мм							
	5	10	20	30	40	60	80	100
Тиск різального кисню, МПа	0,25 ... 0,45	0,3 ... 0,5	0,45... 0,65	0,45 ... 0,65	0,55 ... 0,75	0,55 ... 0,75	0,6 ... 0,8	0,6... 0,8
Витрати газів, м³/ год								
Кисень	2...3	3,2 ... 4,5	4 ... 5,2	6,5 ... 7,5	7...8	9 ... 11,6	10 ..12,2	11 ... 13
Ацетилен	0,35 ... 0,45		0,4 ...0,45			0,5 ...0,55		
Номер різального сопла	1	1	1	1	1	2	3	3
Номер мундштука	1	1	1	1	1	1	1	1
Швидкість різання деталей II класу якості поверхні різання, ми/ хв	490	420	350	310	290	250	210	200

Послідовність виконання самостійної роботи

Виходячи з фізико-хімічних властивостей та товщини заданого в розрахунково-графічній роботі матеріалу, використовуючи знання про вплив хімічного складу матеріалу на розрізування металу, вибрати та обґрунтувати оптимальний спосіб газотермічного різання. На підставі відомостей з довідкової та науково-технічної літератури призначити технологічні параметри процесу газотермічного різання, вибрати необхідне обладнання, інструмент та газову апаратуру. Розробити технологічний ігрокес газотермічного різання для виготовлення заготовок.

Приклад виконання самостійної роботи

Завдання 4. Визначити та обґрунтувати спосіб газотермічного різання металу для виготовлення заготовок зварних конструкцій з листа сталі 30 завтовшки 50 мм у серійному виробництві. Визначити технологічні параметри процесу газотермічного різання, вибрати необхідне обладнання, інструмент та газову апаратуру. Розробити технологічний процес різання для виготовлення заготовок з листа.

Розв'язування

1. Обґрунтуємо вибір способу різання.

Сталь 30 можна різати двома способами: газокисневим та повітряно-плазмовим. Ураховуючи серійний характер виробництва, доцільно використати механізоване різання на стаціонарних машинах для газотермічного різання.

Швидкість різання сталі 30 завтовшки 50 мм повітряно-плазмовим способом становить більше 0,3 м/хв, а киснево-ацетиленовим різанням - близько 0,250 м/хв. Тому деяку перевагу щодо продуктивності процесу має повітряно-плазмове різання. Але при повітряно-плазмовому різанні кромки різання насичуються газами, що може погіршити якість зварного з'єднання. Тому заготівельне різання важливих зварних конструкцій доцільно проводити киснево-ацетиленовим різанням або використовувати механічну обробку кромки при повітряно-плазмовому різанні.

Отже, для виготовлення заготовок неважливих зварних конструкцій вибираємо повітряно-плазмовий метод різання, а для важливих конструкцій - киснево-ацетиленовий.

Таблиця 4.3. Орієнтовні режими киснево-флюсового різання високолегованих сталей при прямолінійному різанні

Параметри	Товщина розрізуваної сталі, мм						
	10	20	30	40	60	80	100
Тиск різального кисню, МПа	0,35 ... 0,4	0,4 ... 0,45	0,45 ... 0,5	0,5 ... 0,55	0,55 ... 0,6	0,6 ... 0,7	0,7 ... 0,8
Витрати газів							
Кисень, м ³ /м	0,18	0,35	0,5	0,65	0,95	1,2	1,5
Ацетилен, дм ³ /м	17	24	30	35	45	65	60
Витрати флюсу, кг / м розрізу	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,45	0,5
Швидкість різання, мм / хв	760	575	490	435	370	330	300

Таблиця 4.4. Орієнтовні режими повітряно-плазмового різання низьковуглецевих сталей на апараті типу "Київ" *

Сила струму дуги, А	Швидкість різання сталі, м /хв, при товщині листа, мм			
	6... 15	15...25	25 ...40	40...60
300	5,0... 2,5	2,5 ... 1,5	1,5 ...0,8	0,8 ... 0,3

Примітки: * діаметр сопла 3,0 мм, витрати повітря 2,4...3,6 м³/ год

Таблиця 4.5. Орієнтовні режими повітряно-плазмового машинного різання корозійностійких сталей на установці типу "Київ"

Товщина розрізуваного металу, мм	Діаметр сопла, мм	Сила струму, А	Витрати повітря, м ³ /год	Напруга, В	Швидкість, м /хв
5 ... 15	2	250...300	2,4 ...3,0	140... 160	5,5... 2,6
16...30	3	250... 300	2,4 ... 3,0	160... 180	2,2 ... 1,0
31 ... 50	3	250 ... 300	2,4 ... 3,0	170 ... 190	1,0...0,3

Таблиця 4.6. Основні параметри плазмодугового різання

Тип апаратури	Номінальний робочий струм, А	Напруга холостого ходу, В	Максимальна товщина розрізуваного металу, мм		Вид охолодження
			алюмінію	вуглецевої сталі	
Ручне плазмове різання	50	180	8	5	Примусове повітряне, водяне або повітряно-водяне
	100		15	10	
	160		25	15	
	200		30	20	
	250		40	25	Водяне
	315		50	30	
	400		60	-	
	500		80	-	
Напів-автоматичне плазмове різання	50	300	10	8	Примусове повітряне, водяне або повітряно-водяне
	100		20	15	
	160		30	25	
	200		40	30	
	250		50	40	Водяне
	315		60	50	
	400		80	-	
	500		100	-	
Автоматичне плазмове різання	200	500	50	50	Примусове повітряне, водяне або повітряно-водяне
	250		60	60	Водяне
	315		80	80	
	400		100	100	
	500		120	-	
	630		150	-	
	1000		300	-	

Таблиця 4.7. Орієнтовні режими плазмового різання кольорових металів

Товщина розрізуваного металу, мм	Діаметр сопла, мм	Сила струму, А	Напруга, В	Витрати газу, м ³ /год				Швидкість різання, м/год
				Аргон	Азот	Водень	Повітря	
Алюмінієві сплави								
10	2	200	170... 180	—	5,0	—	—	350
15	3	250	140 ... 160	0,7	-	0,5	—	60
30	5	250	180... 200	—	1,5	1,0	—	36
50	5	450	160... 180	—	1,5	1,0	—	27
80	5	450	160... 180	—	1,7	1,5	—	25
Мідь								
5	3	300	75	—	2,2	—	—	90
15	4	300	90	—	1,9	—	—	40
25	4	350	90	1,0	—	1,5	—	15
40	7	700	120	0,4	—	4,0	10	35
100	7	700	145	0,4	—	4,0	10	10
Латунь								
6	3	260	70	—	4,2	—	—	105
30	4	350	85	—	3,6	—	—	15
90	5	500	140	—	2,0	1,0	—	12

2. Визначаємо технологічні параметри процесу різання.

Киснево-ацетиленовий спосіб різання. Використовуючи відомості з технічної довідкової літератури та нормативних документів, визначимо параметри режиму киснево-ацетиленового різання сталі 30 завтовшки 50 мм машинним різакром типу РМ, яким переважно укомплектовано стаціонарні машини газокисневого різання:

Тиск різального кисню	0,55 ... 0,75 МПа
Тиск ацетилену.....	0,03 МПа
Витрата газів	
ацетилен.....	0,5 м ³ /год
кисень.....	9 ... 11,6 м ³ /год
Номер сопла мундштука	
внутрішнього.....	2
зовнішнього.....	1
Швидкість різання.....	250 мм/хв
Відстань від мундштука до листа	4 ... 7 мм.

Виходячи з найбільших розмірів вирізуваної деталі вибираємо газорізальну машину. Якщо розміри деталі не перевищують 1500x750 мм, то можна вибрати машину АСШ-70 для різання одним різаком типу РМ. Якщо розміри деталі не перевищують 1300x400 мм, то можна різати її на АСШ-70 одночасно трьома різакми.

Технологія машинного різання за копіром на машині АСШ-70 передбачає таку послідовність операцій:

1. Укласти на стіл машини відрихтований та очищений лист сталі.
2. Установити на різак внутрішній мунштук № 2 та зовнішній № 1.
3. Перевірити герметичність з'єднань, справність газової та електричної апаратури.
4. Установити відповідний коїгр деталі.
5. Установити вибрані режими різання.
6. Запалити та відрегулювати підігрівальне полум'я.
7. Підвести різак до кромки листа, підігріти метал до температури загоряння й увімкнути потік різального кисню.

Прорізавши метал по товщині, увімкнути електропривід машини та магнітний палець для переміщення різаків по контуру деталі, яку вирізують.

Після вирізання деталі перекрити різальний кисень і вимкнути електропривід, погасити підігрівальне полум'я, закривши спочатку вентиль пального газу, потім кисню і вимкнути машину з електричної та газової мережі.

Повітряно-плазмове різання. Аналіз довідкової та нормативно-технічної літератури показує, що для різання в автоматичному режимі сталі 30 завтовшки до 50 мм можна використати установку "Київ-4", яка має такі характеристики:

- найбільша товщина розрізаного металу:

сталь - 80 мм,
алюміній - 70 мм,
мідь - 50 мм;

- напруга холостого ходу - 220 В;
- номінальний робочий струм - 300 А;
- джерело живлення - індукційно-ємнісне;
- тип плазмотрона - ВПР-9А;
- охолодження плазмотрона - водяне;
- споживана потужність - 73 кВт;
- маса - 820 кг.

Параметри режиму різання сталі 30 завтовшки 50 мм:

- сила струму - 250 ... 300 А;
- напруга - 190 В;
- витрати повітря - 2,5 ... 3,0 м³/год;
- тиск повітря:

до підпалу дуги - 0,18... 0,22 МПа,
в автоматичному режимі різання - 0,3... 0,35 МПа;

- діаметр сопла - 3 мм;
- швидкість різання - 0,5 ... 0,3 м/хв;
- тиск охолоджувальної води - 0,25.. 0,4 МПа;
- витрати охолоджувальної води - 0,3.. 0,5 м³/год.

Аналіз літературних даних показує, що для різання в автоматичному режимі можна використати стаціонарну машину для повітряно-плазмового різання ШПл1-4М-1, яка має такі технічні характеристики:

- тип машини - шарнірна;
- система керування переміщення плазмотрона - магнітна;
- найбільші розміри розрізаного листа - 1500x750 мм або 1000x1000 мм;
- товщина розрізаного металу (сталі) - до 60 мм;
- швидкість переміщення плазмотрона - 100.. 4000 мм/хв;
- тип установки для плазмового різання - "Київ-4";
- кількість одночасно працюючих плазмотронів - 1;
- споживана потужність - 73,1 кВА;
- базова модель цієї установки АСШ-70.

Технологія різання передбачає таку послідовність операцій:

1. Укласти на стіл машини відрихтований та очищений лист сталі.
2. Перевірити герметичність з'єднань, справність газової та електричної апаратури, установити сопло діаметром 3 мм.
3. Установити відповідний копір деталі.
4. Установити вибрані режими різання.
5. Підвести плазмотрон до кромки листа, запалити допоміжну дугу, увімкнути подачу повітря й основну дугу.

Прорізавши метал по товщині, увімкнути електропривід та магнітний палець для переміщення плазмотрона по контуру деталі, яку вирізують.

Вирізавши деталь, вимкнути електропривід, плазмотрон, подачу повітря.

Висновки

Для виготовлення заготовок зварних конструкцій з листа сталі 30 завтовшки 50 мм можна використати киснево-ацетиленовий або повітряно-плазмовий спосіб газотермічного різання. Вибираючи спосіб різання, треба враховувати не тільки технологічну можливість різання металу, яка залежить від його хімічного складу, але й продуктивність способу (включаючи можливість різання одночасно декількома різаками), якість поверхні металу після різання і вплив її на подальше використання, масштаби випуску деталей і т. ін.

У нашому випадку, якщо габарити деталі дозволяють різати одночасно трьома різаками, доцільно використати киснево-ацетиленове різання сталевих листів на установці АСШ-70 у вибраних вище режимах.

5. ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ З КУРСУ "ГАЗОТЕРМІЧНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ" (для студентів напряму 6.0923 "Зварювання" спеціальностей 7.092301, 7.092302, 7.092303)

Завдання до розрахунково-графічної роботи

У ході розрахунково-графічної роботи студент має виконати такі чотири завдання:

1. Визначити гази, необхідні для газопостачання виробничої дільниці із зазначеною для його варіанта (табл. 5.1) кількістю одиниць обладнання для заданого способу газотермічної обробки. Розрахувати необхідну кількість газів і способи доставки на підприємство для вибраного студентом стандартного технологічного обладнання та устаткування.

2. Розробити схему газопостачання цієї виробничої дільниці. Визначити необхідне стандартне устаткування і газову апаратуру для укомплектування схеми газопостачання і постів ГТОМ.

3. Визначити технологічні параметри газового зварювання конкретної конструкції або деталі для свого варіанта (табл. 5.2). Вибрати необхідне обладнання, інструмент і газову апаратуру та розробити технологічний процес зварювання деталі.

4. Визначити й обґрунтувати спосіб газотермічного різання заготовок з матеріалу визначеної марки та товщини у заданих умовах виробництва для свого варіанта завдання (табл. 5.3). Визначити технологічні параметри процесу газотермічного різання, вибрати необхідне обладнання, інструмент та газову апаратуру, розробити технологічний процес різання для виготовлення заготовок.

Таблиця 5.1. Варіанти першого та другого завдання розрахунково-графічної роботи

№ вв	Кількість обладнання на дільниці				Характеристика матеріалів, умови роботи
	Постів для газового зварювання	Постів для газового різання	Машин для газо термічного різання	Машин для газо термічного напилення	
1.	2	3	4	5	
1.	1				Монтажні умови, товщина до 5 мм.
2.		1			Монтажні умови, товщина сталі до 100 мм.
3.			1		Сталеві деталі, товщина до 100 мм.
4.				1	Напилення дротом.
5.	10				Стаціонарні пости, товщина деталі до 10 мм.
6.		10			Стаціонарні пости, товщина деталі до 100 мм.
7.			10		Сталеві деталі, товщина до 200 мм.
8.				10	Напилення порошків з Аь, Си, N1
9.	5	5			Зварювання і різання кольорових металів товщиною до 10 мм.
10.			5		Різання деталей з Х18Н9, товщиною до 30 мм.
11.				5	Напилення дротом
12.	15				Сталеві деталі, товщина до 10 мм.
13.		5			Різання деталей з Х18Н9, товщиною до 50 мм.
14.			7		Деталі з алюмінію, товщина 30 мм.
15.				3	Напилення порошків з Аь, Си
16.		15			Різання сталевих труб, товщина стінки до 50 мм.
17.	7		3		Зварювання деталей товщиною до 5 мм., Різання сталі до 100 мм.
18.				7	напилення дротом
19.		7			різання нерж. сталі Х18Н9, товщиною до 30 мм.
20.	20				зварювання деталей товщиною до 10 мм
21.		20			різання сталевих деталей товщиною до 100 мм.
22.			15		різання сталевих деталей товщиною до 100 мм.
23.		1			різання чавунного литва товщиною до 50 мм., в монтажних умовах
24.		3			розкрой сталевих деталей товщиною 50 мм на заготівельній дільниці
25.				1	напилення порошком з алюмінію
26.	1	1			зварювання і різання у монтажних умовах
27.			20		різання сталевих листів товщиною до 150 мм.
28.	3				зварювання кольорових металів товщиною до 10 мм.
29.			13		різання листів з кольорових металів товщиною до 30 мм.
30.			13		різання сталевих листів товщиною до 100 мм.

Таблиця 5.2. Варіанти третього завдання розрахунково-графічної роботи

Номер варіанта	Вид з'єднання	Матеріал	Товщина деталі, мм	Примітка
1	Кільцевий шов на трубі	X18H9T	3	0 50 мм
2	Кільцевий шов на трубі	Сталь 10	5	0 100 мм
3	Кільцевий шов на трубі	Латунь Л62	7	0 35 мм
4	Кільцевий шов на трубі	Мідь МІ	2	0 40 мм
5	Кільцевий шов на трубі	Сталь 30ХГСА	4	0 150 мм
6	Кільцевий шов на трубі	Алюмієвий сплав АМг	3	0 100 мм
7	Кільцевий шов на трубі	Нікель	2	0 50 мм
8	Кільцевий шов на трубі	Сталь Ст3	6	0 150 мм
9 <i>i</i>	Кільцевий шов на трубі	Сталь 45	2	0 100 мм
10	Кільцевий шов на трубі	Сталь 1Х13	3	0 50 мм
11	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Алюмієвий сплав АМг	3	L=150 мм, 0 20 мм
* 12	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Сталь СХЛ2	5	L =500 мм,0 100 мм
13	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Сталь Ст35	3	L =200 мм, 0 100 мм
14	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Сталь 4Х13	2	L=2000мм,0 50 мм
15	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Сталь Х20Н80	4	L= 1500мм,0100мм
16	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Сталь Ст3	3	L=1000мм,0 50 мм
17	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Мідь МІ	3	L=800 мм,0 30 мм
18	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Нікель	4	L =700 мм,0 50 мм
19	Поздовжній стиковий шов на обичайці	Латунь Л62	5	L=1500мм,0 70 мм
20	Заварювання дефектів та тріщин на литих деталях	Чавун СЧ 18-36	8	
21	Заварювання дефектів та тріщин на литих деталях	Бронза БрОФ6,5-0,25	10	
22	Заварювання дефектів та тріщин на литих деталях	Сталь Ст45	5	
23	Заварювання дефектів та тріщин на литих деталях	Бронза БрАЖИ-9-4-4	6	
24	Рамна конструкція з профільного прокату	Сталь Ст3	3	Кутовий прокат
25	Рамна конструкція з профільного прокату	Сталь 45	5	Швелерний прокат
26	Рамна конструкція з профільного прокату	Сталь Х18Н9	4	Кутовий прокат
27	Рамна конструкція з профільного прокату	Сталь 30ХГСА	8	Кутовий прокат
28	Рамна конструкція з профільного прокату	Алюмієвий сплав АМгб	4	Кутовий прокат
29	Листова конструкція	Сталь 30ХГСА	3	Стиковий шов
30	Листова конструкція	Латунь Л68	3	Стиковий шов

Таблиця 5.3. Варіанти четвертого завдання

Номер варіанта	Вихідний матеріал	Марка матеріалу	Товщина	Примітка
1	Листовий прокат	Сталь Ст3	20	Серійне виробництво деталей зварних конструкцій
2	Листовий прокат	Сталь 10	50	Розкрій листа на стрічки, серійно
3	Листовий прокат	Сталь 45	100	Розкрій листа на стрічки, серійно
4	Листовий прокат	Сталь ХІ8Н9Т	30	Заготовка деталей складної форми, серійно
5	Листовий прокат	Латунь Л62	20	Заготовка деталей складної форми, серійно
6	Листовий прокат	Мідь МІ	20	Заготовка деталей складної форми, серійно
7	Листовий прокат	Сталь Ст3	150	Заготовка деталей складної форми, серійно
8	Литво	Сталь 20Л	300	Лита станина на брукт
9	Листовий прокат	Алюмінієвий сплав АМг	30	Заготовка деталей складної форми, серійно
10	Листовий прокат	Сталь 20	5×20	Пакетне різання деталей складної форми, серійно
11	Додатки у литих деталях круглої форми	Чавун СЧ-18-36	∅ 50	Відрізання ливникової системи, серійне виробництво
12	Додатки у литих деталях круглої форми	Бронза Бр ОФ10-1	∅ 30	Відрізання ливникової системи, серійне виробництво
13	Додатки у литих деталях круглої форми	Бронза БрАЖН-10-4АЯ	∅ 20	Відрізання ливникової системи, серійне виробництво
14	Профільний прокат	Сталь 35	∅ 70	Заготовки з круглого прокату, серійно
15	Профільний прокат	Сталь Ст5	100	Заготовки з прямокутного прокату, серійно
16	Профільний прокат	Мідь МІ	∅ 50	Заготовки з круглого прокату, серійно
17	Профільний прокат	Сталь ХІ8Н9Т	80	Заготовки з прямокутного прокату, серійно
18	Профільний прокат	Бронза БрАЖ НМц 9-4-4-1	∅ 100	Заготовки з круглого прокату, серійно
19	Профільний прокат	Алюміній АЛ-1	∅ 40	Заготовки з круглого прокату, серійно
20	Прокат	Латунь Л62	80	Заготовки з прямокутного прокату, серійно
21	Листовий прокат	Сталь 30ХГСА	30	Одиничне виробництво складної заготовки
22	Листовий прокат	Сталь ХІ8Н9Т	50	Одиничне виробництво складної заготовки
23	Листовий прокат	Алюмінієвий сплав АМг	10	Одиничне виробництво складної заготовки
24	Листовий прокат	Нікель	30	Одиничне виробництво складної заготовки
25	Листовий прокат	Мідь МІ	30	Одиничне виробництво складної заготовки
26	Листовий прокат	Латунь Л62	40	Одиничне виробництво складної заготовки
27	Прокат	Сталь 45	200	Одиничне виробництво складної заготовки
28	Прокат	Сталь 10	8×10	Пакетне різання 8 листів завтовшки 10 мм
29	Листовий прокат	Сталь Ст3	300	Одиничне виробництво складної заготовки
30	Поковка	Сталь 40	∅ 200	Серійне виробництво заготовок колесних пар

Список літератури

1. *Евсеев Б.Г., Глизмоненко Д.Л.* Оборудование и технология газопламенной обработки металлов и неметаллических материалов. - М.: Машиностроение, 1974. - 312 с.
2. *Исаенко Ю.А., Гуськов В.П.* Справочник газорезчика. - Донецк: Донбас, 1983.- 159 с.
3. *Антонов И.А.* Газопламенная обработка металов. - М.: Машиностроение, 1976. - 264 с.
4. *Сварочные материалы для дуговой сварки: Справочн. пособ.: В 2 т. / Б.П. Конышев, С.А. Курланов, Н.Н. Потапов и др.; Под. общ. ред. Н.Н. Потапова.* -М.: Машиностроение, 1989. - 544 с. - Т.1. Защитные газы и сварочные флюсы.
5. *Никифоров Н.И., Нешумова СП, Антонов И.А.* Справочник молодого газосварщика. - М.: Высш. шк., 1991. - 239 с.
6. *Китаев А.М., Китаев Я.А.* Справочная книга сварщика. - М.: Машиностроение, 1985. - 256 с.

Зміст

ВСТУП	3
1. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ГАЗОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ	4
2. АПАРАТУРА, УСТАТКУВАННЯ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ПОСТІВ ГАЗОТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ	13
3. ТЕХНОЛОГІЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ТА ПАЯННЯ	21
4. ГАЗОТЕРМІЧНЕ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ	25
5. ВАРІАНТИ ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ З КУРСУ "ГАЗОТЕРМІЧНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ" (ДЛЯ СТУДЕНТІВ НАПРЯМУ 6.0923 "ЗВАРЮВАННЯ" СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ 7.092301, 7.092302, 7.092303)	33
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	37