

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”

ГАЗОТЕРМІЧНА ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ДЛЯ СТУДЕНТІВ
НАПРЯМКУ “ЗВАРЮВАННЯ”

Затверджено методичною радою НТУУ “КПІ”

Київ
“ПОЛІТЕХНІКА”
2010

Газотермічна обробка матеріалів. Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напрямку “Зварювання”

/Укл. В. М. Корж, Ю. С. Попіль. – К.:НТУУ “КПІ”, 2002 р. – с. укр. /

Навчальне видання.

Газотермічна обробка матеріалів.

Методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напрямку “Зварювання”

УКЛАДАЧІ:

Корж Віктор Миколайович,

доктор технічних наук, професор

Попіль Юрій Станіславович,

старший викладач

Відповідальний редактор:

В. М. Пащенко,

кандидат технічних наук, доцент

Рецензент:

Б. В. Медко,

кандидат технічних наук, доцент

1. Загальні положення.

Дисципліна “Газотермічна обробка матеріалів” у відповідності з узагальненим об’єктом діяльності бакалаври за напрямком 0923 “Зварювання” – *процеси створення нероз’ємних з’єднань, поверхонь, зварювальне устаткування*, охоплює процеси і обладнання газового зварювання, паяння, газотермічного різання.

Вона входить до переліку дисциплін професійної та практичної підготовки нормативної частини державної освітньо-професійної програми підготовки бакалаврів за напрямком 0923 “Зварювання”.

Перед виконанням лабораторної роботи студент повинен ознайомитись з змістом роботи, усвідомити її мету та завдання, засвоїти правила техніки безпеки при виконанні робіт в лабораторії газополуменевої обробки металів, відповісти на контрольні питання викладача і отримати дозвіл на виконання роботи.

Прийом робіт викладачем проводиться по мірі їх виконання.

У методичних вказівках викладено опис і суть методики виконання та оформлення звітів таких лабораторних робіт:

- Лабораторна робота №1. Визначення швидкості розкладання карбїду кальцію та виходу з нього ацетилену.
- Лабораторна робота №2. Дослідження характеристик роботи газових редукторів.
- Лабораторна робота №3. Випробування газозварювального пальника.
- Лабораторна робота №4. Дослідження продуктивності і витрат матеріалів при зварюванні правим та лівим способами.
- Лабораторна робота №5. Вибір параметрів режиму газового паяння, інструменту та обладнання.
- Лабораторна робота №6. Дослідження впливу параметрів газокисневого різання на продуктивність.
- Лабораторна робота №7. Визначення технологічних параметрів киснево-флюсового різання.
- Лабораторна робота №8. Визначення технологічних параметрів плазмового різання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Визначення швидкості розкладання карбіду кальцію та виходу з нього ацетилену.

Мета роботи: Дослідження впливу грануляції карбіду кальцію на швидкість його розкладу та виходу з нього ацетилену.

Задачі роботи:

1. Ознайомитися з конструкцією ацетиленового генератора.
2. Ознайомитися з технікою безпеки експлуатації ацетиленових генераторів та палих газів, а також запобіжними пристроями.
3. Визначити вихід ацетилену у літрах з кілограму карбіду кальцію залежно від грануляції.
4. Визначити швидкість розкладання карбіду кальцію в залежності від грануляції.
5. Побудувати графічні залежності швидкості розкладання карбіду кальцію у часі.

1. Теоретичні відомості

Дослідження швидкості розкладання карбіду кальцію проводиться на пристрої, який представлено на рис. 1.1

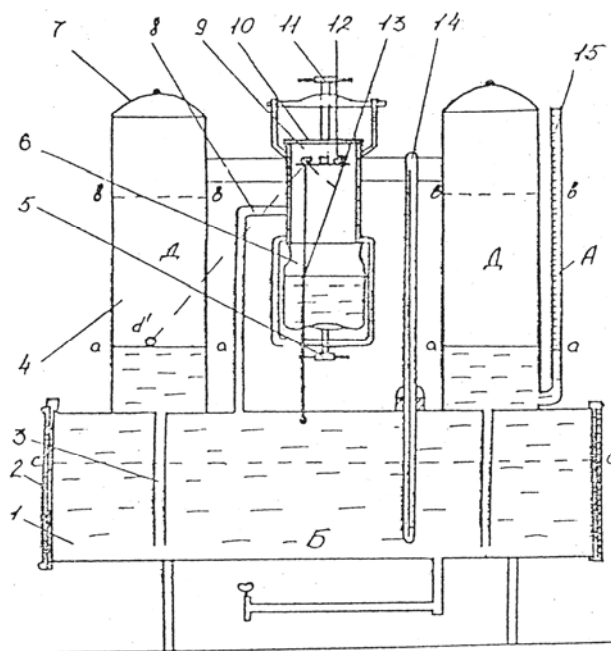


Рис. 1.1. Схема пристрою для розкладу карбіду кальцію.

Будова та принцип роботи пристрою такі: до горизонтально розташованого циліндричного резервуару 1 зі стінками 2 з оргскла приварено дві циліндричні судини 4. Ці судини з'єднані з корпусом 1 за допомогою трубок 3 та закриваються кришками 7. Між судинами 4 розміщено газоутворювач 9, поділений заслінкою 12 на дві частини. У верхню частину засипається 50 г CaC_2 і закривається кришкою 10 та гвинтом на траверсі 11. До нижньої частини газоутворювача 9 приєднується скляна банка 6 і ущільнюється притискуванням гвинта 5. Газоутворювач з'єднаний з газозбірником трубкою 8. Заслінка 12 утримується у горизонтальному положенні, до скидання CaC_2 у воду за допомогою важеля 13, який обертається відносно осі. У корпус газозбірника 1 вмонтований термометр 14 зі шкалою до 100°C . До судини 4 (правої) приєднана водомірна скляна трубка 15 зі шкалою, нульове значення якої знаходяться на рівні заливання води «а-а».

Підготовка пристрою до роботи полягає у наступному: знімаємо кришку 7 та заливаємо у резервуар 4 воду до рівня «а-а». Після цього заповнюємо водою скляну банку 6 на 60-70% і встановлюємо, притискаючи гвинтом 5. Пристрій готовий до роботи.

2. Необхідна апаратура і матеріали.

- 2.1. Пристрій розкладу карбіду кальцію.
- 2.2. Барометр.
- 2.3. Секундомір.
- 2.4. Карбід кальцію грануляції 2/8, 15/25.
- 2.5. Ваги з різновагами.
- 2.6. Міліметровий папір.

3. Порядок виконання роботи.

- 3.1. Вивчити завдання і схему роботи пристрою.
 - 3.2. Перевірити прилад, залити газозбірник водою.
 - 3.3. Зробити порції карбіду кальцію по 50г. грануляції 2/8 і 15/25 мм.
 - 3.4. Залити в скляну банку 0,5-0,7 л, відстояної води.
 - 3.5. Засипати в газоутворювач порції карбіду кальцію.
 - 3.6. Скинути карбід кальцію у банку з водою, водночас включити секундомір.
 - 3.7. Стежити по шкалі А і В за рівнем води, що витісняється та надходить з газозбірника.
- Відзначати у таблиці зміни через кожні 30 с протягом перших двох хвилин, а після цього — через хвилину до повного розкладу карбіду кальцію.

- 3.8. В період випробувань зафіксувати температуру і тиск по барометру.
 3.9. Всі дані занести до таблиці 1.2. та 1.3..
 3.10. Зробити розрахунки і занести їх до таблиці 1.4..
 3.11. Побудувати графіки швидкості розкладу карбїду кальцію.
 3.12. Зафіксувати допущені похибки підчас експерименту.

4. Методика проведення розрахунків.

По даним таблиць 1.2. та 1.3. робимо наступні розрахунки:

4.1. Враховуючи площу перерізу S судини (поз.4):

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = 17662,5 \text{ мм}^2 = 1,7662 \text{ дм}^2$$

визначаємо об'єм води, що витісняється до судини,:

$$V_1' = S \cdot h_A,$$

де h_A – покази по шкалі А.

Враховуючи, що задіяно дві судини об'єм V_1 необхідно подвоїти

$$V = 2V_1' = 2S \cdot h_A,$$

4.2 Необхідно внести поправки на стиснення газу при певному надлишковому тиску P на коливання атмосферного тиску P_0 , пропорційне тиску водяних парів P_u . При цьому P_u буде являти собою суму показів, шкал А і В:

$$P_u = \frac{h_A + h_B}{13,6}, \quad [\text{мм. рт. ст.}]$$

P_0 – слід брати в мм. рт. ст. по барометру; P_B – слід брати по таблиці 1.1. залежно від температури у газозбірнику, °С.

Таблиця 1.1. Значення надлишкового тиску води залежно від її температури

Температура у газозбірнику, °С.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
P_0	12,8	13,6	14,5	15,5	16,5	17,5	18,6	19,8	21,1	22,4	23,8

Для виводу основної розрахункової формули скористаємось законом Бойля-Маріотта і Гей-Люссака :

$$\frac{V_0 P_0}{1 + \alpha t_0^0} \cdot \frac{V_1 P_1}{1 + \alpha t_1^0} \quad \text{або} \quad V_0 = \frac{V_1 P_1}{P_0} \cdot \frac{1 + \alpha t_0^0}{1 + \alpha t_1^0},$$

де V_0 – об'єм ацетилену, що виділяється при нормальних умовах

$$P_1 = P_0 + P_u - P_B,$$

Підставляючи до рівняння відомі нам величини, отримаємо:

$$V_0 = 0,758 \frac{S \cdot h_A (P_0 + P_u - P_B)}{(273 + t_1^0) \cdot m},$$

де V_0 – вихід ацетилену з 1 кг карбіду кальцію, л/кг; S – площа перерізу судини, дм^2 ; h_A – рівень води по шкалі А, дм; m – маса карбіду кальцію, кг; $P_1 = P_0 + P_{II} - P_B$ — дійсний тиск ацетилену, мм. рт. ст.

Таблиця 1.2. Значення P_B та P_0 залежно від грануляції

Грануляція	Вага порції CaC_2 , що розкладається гр.	Тиск, мм. рт. ст.		Температура, T °C	Діаметр судини протитиску, см
		Барометричний, P_0	Водяних парів, P_B		
2/8					17,5
15/25					17,5

Таблиця 1.3. Значення P_{II} залежно від грануляції CaC_2

		Час, с							
		0	30	60	90	120	150	180	
Для випроб. з грануляцією 2/8	Рівень води h_A , мм. вод. ст.								
	Рівень води h_B , мм. вод. ст.								
	Надлишковий тиск P_{II} , мм. рт. ст.								
Для випроб. з грануляцією 15/25	Рівень води h_A , мм. вод. ст.								
	Рівень води h_B , мм. рт. ст.								
	Надлишковий тиск P_{II} , мм. рт. ст.								

Таблиця 1.4. Вихід ацетилену з 1 кг CaC_2 , л/кг

Вихід ацетилену з 1 кг CaC_2 , л/кг							
Час, с	0	30	60	90	120	150	180
2/8							
15/25							

5. Вимоги до звіту.

- 5.1. Навести мету і задачі роботи.
- 5.2. Описати дію та схему приладу.
- 5.3. Викласти методику визначення швидкості розкладу CaC_2 .
- 5.4. Заповнити табл. 1.2.; 1.3.; 1.4..
- 5.5. Провести розрахунки виходу ацетилену з 1 кг CaC_2 з врахуванням поправок.(похибок)

5.6. Побудувати графіки швидкості розкладу CaC_2 у часі.

5.7. Зробити висновки по роботі.

6. Контрольні запитання.

6.1. Які існують способи отримання ацетилену?

6.2. В залежності від чого визначається спосіб отримання та транспортування ацетилену на виробництво?

6.3. Що таке “розчинений ацетилен”?

6.4. Як впливає величина грануляції CaC_2 на вихід та швидкість розкладу ацетилену?

6.5. Чому при отриманні ацетилену розкладом карбїду кальцію водою у ацетиленових генераторах необхідно звертати особливу увагу на грануляцію CaC_2 ?

6.6. Дайте оцінку вибухонебезпечності ацетиленових генераторів систем КВ, ВК, ВВ в залежності від грануляції CaC_2 ?

6.7. Дайте стислу характеристику пальних газів, які використовуються при газополуменевій обробці матеріалів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Дослідження характеристик роботи газових редукторів.

Мета роботи: Ознайомитися з принципом роботи газових редукторів, їх технічними характеристиками та методикою оцінки їх працездатності.

Задачі роботи:

1. Вивчити конструкції редукторів та їх призначення.
2. Ознайомитися з технікою безпеки експлуатації газів та газових редукторів.
3. Випробувати кисневий редуктор, встановити відсутність самопливу, визначити пропускну спроможність редуктора, чутливість його регулювання, межі перепаду тиску.
4. Побудувати графічні залежності чутливості регулювання випробуваного редуктора.

1. Теоретичні відомості

Газові редуктори призначенні для пониження тиску газу, що надходить від джерела живлення (балону або газопроводу), для підтримання постійним його витрати і тиску незалежно від зміни цих параметрів перед редуктором.

Редуктори характеризуються робочим тиском, пропускнуою спроможністю, чутливістю регулювання, межею редуціювання, та перепадом тиску.

Пропускна спроможність характеризується витратою газу за одиницю часу, що забезпечується редуктором при певному робочому тиску у камері низького тиску, коли випускний вентиль відкритий повністю. Пропускна спроможність залежить від робочого тиску та площі перерізу каналів штуцера і не залежить від тиску газу у балоні.

Чутливість регулювання характеризується зміною величини робочого тиску при повороті регулюючого гвинта головної пружини на $\frac{1}{4}$ оберту і залежить від відношення робочої площі мембрани до площі перерізу редуціюючого клапану, від кроку різьби регулюючого гвинта та від жорсткості головної пружини.

Межа редуціювання — це величина мінімального тиску P_{\min} перед редуктором, при якому робочий тиск починає швидко падати:

$$P_{\min} = (2 \dots 2,5)P_2,$$

де: P_2 – робочий тиск редуктора при нормальній витраті газу ($MПа$ або $кгс/см^2$).

Межа редуціювання повинна відповідати критичному відношенню тиску: $\frac{P_2}{P_{min}} = 0,528$.

Перепад тиску характеризує чутливість редуктора до змін витрат газу і оцінює відносну величину підвищення робочого тиску P'_2 редуктора при припиненні витрат газу через нього:

$$\Delta P_2 = \frac{P'_2 - P_2}{P_2} \cdot 100\%,$$

Дефектом у роботі редуктора є так званий самоплив, коли при викрученому регулювальному гвинті, газ проходить з камери високого тиску у камеру низького тиску.

2. Необхідне обладнання та матеріали.

- 2.1. Балон з киснем.
- 2.2. Кисневий редуктор з манометрами.
- 2.3. Кисневий шланг довжиною не менш 3м.
- 2.4. Зварювальний пальник.
- 2.5. Посудина (відро) з водою.
- 2.6. Секундомір.

3. Порядок виконання роботи.

3.1. Продути штуцер вентиля миттєвим відкриванням та закриванням його.

3.2. Приєднати редуктор до балону та приєднати за допомогою шлангу пальник до редуктора.

3.3. Відкрити вентиль балону та відрегулювати редуктор на тиск 0,3-0,4 $MПа$, при цьому перевірити, чи не пропускає редуктор кисень в місцях з'єднання.

3.4. Повністю викрутити регулюючий гвинт редуктора, відкрити вентиль на пальнику для виходу газу з камери низького тиску.

3.5. Занурити кінець шлангу у воду і витримати 1-2хв., спостерігаючи, чи не буде виходити кисень з шлангу крізь воду, що буде вказувати на самоплив.

3.6. Відрегулювати робочий тиск до 1атм, потім закручувати регулюючий гвинт, фіксуючи величину робочого тиску через кожні $\frac{1}{4}$ оберту гвинта до 7атм. Після цього викручувати регулюючий гвинт та фіксуючи

величину тиску через кожні $\frac{1}{4}$ оберту до робочого тиску рівного 1 атм . Дані записати у таблицю 1. По отриманим даним побудувати графік.

Таблиця 2.1. Чутливість регулювання редуктора

Обороти регулювального гвинта редуктора	Тиск, <i>атм</i> .	
	При загвинчуванні гвинта	При відгвинчуванні гвинта
0		
1/4		
2/4		
3/4		
1		

3.7. Відрегулювати тиск, рівний 3 атм , при закритому вентилі відбору на пальнику. Після цього відкрити вентиль на пальнику та зафіксувати тиск. Те ж саме зробити при тиску 5 і 7 атм . По отриманим даним визначити перепад тиску. Дані записати у таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 Значення перепаду тиску

Початковий тиск при відкритому вентилі, P_2	Тиск при закритому вентилі, P'_2	Величина перепаду тиску, $\Delta P_2 = \frac{P_2 - P'_2}{P_2} \cdot 100\%$
3 атм		
5 атм		
7 атм		

3.8. Для визначення пропускної спроможності та межі редуціювання необхідно використовувати балони, в яких закінчується кисень. Відрегулювати робочий тиск на редукторі у 3 атм , відкрити вентиль відбору, зафіксувати при цьому початковий тиск у балоні і час закінчення до моменту падіння робочого тиску. Визначити у цей момент кінцевий тиск у балоні та перекрити вентиль балону.

3.9. По отриманим даним визначити відношення межі редуціювання до робочого тиску і обчислити пропускну спроможність редуктора по формулі:

$$A = \frac{(P_1 - P_2) \cdot V}{t} \cdot 3600,$$

де A – пропускна спроможність, л/год ;

P_1 – тиск у балоні на початку випробувань, атм ;

P_2 – тиск у балоні наприкінці випробувань, *атм*;

V – ємність балону, *л*;

t – час витікання газу з редуктора, *с*.

4. Вимоги до звіту.

- 4.1. Навести мету і задачі роботи.
- 4.2. Навести порядок виконання роботи.
- 4.3. Заповнити таблиці 2.1. та 2.2. і навести розрахунки пропускної спроможності, перепаду тиску та чутливості редуктора.
- 4.4. Побудувати графік чутливості редуктора.
- 4.5. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні запитання.

- 5.1. Опишіть принцип роботи редукторів прямої і зворотної дії.
- 5.2. По яких параметрах вибираються газові редуктори для оснащення схем газопостачання?
- 5.3. Призначення балонних, мережевих та рампових редукторів. Якими параметрами вони відрізняються?
- 5.4. Чим відрізняються кисневі, ацетиленові і пропанові редуктори?
- 5.5. Дайте визначення пропускної спроможності редуктора, його чутливості, межі редуціювання, перепади тиску.
- 5.6. Що таке самоплив редуктора?
- 5.7. Що таке “замерзання” кисневого редуктора?
- 5.8. Що таке вигоряння редуціюючого клапану у кисневому редукторі.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Випробування газозварювального пальника.

Мета роботи: ознайомлення з будовою та практичне засвоєння правил експлуатації газозварювальних пальників та методикою оцінки їх працездатності.

Задачі роботи:

1. Вивчити конструкції пальників, що застосовуються для газового зварювання.
2. Ознайомитися з технікою безпеки експлуатації газів та газозварювальних пальників.
3. Випробувати газозварювальний пальник на щільність та розрядження у ацетиленовому каналі.
4. При необхідності відрегулювати розподілення у ацетиленовому каналі.
5. Побудувати графічні залежності розрядження в ацетиленовому каналі від тиску кисню.

1. Теоретичні відомості.

Пальник — це пристрій у якому здійснюється змішування пального газу з технічно чистим киснем або повітрям у необхідному співвідношенні та отримання полум'я певної теплової потужності, розмірів і форми.

За засобом утворення пальної суміші пальники поділяють на інжекторні, безінжекторні, внутрішньосоплового та зовнішнього змішування; по призначенню універсальні та спеціалізовані; по кількості факелів — однополуменеві та багатополуменеві; по застосуванню — для ручних та механізованих робіт. В інжекторних пальниках пальна суміш утворюється у змішувальній камері за рахунок інжектування струменем кисню або повітря під тиском $0,15 \dots 0,5 \text{ МПа}$ пального газу, що подається у пальник під низьким ($0,01 - 0,03 \text{ МПа}$) або середнім (до $0,15 \text{ МПа}$) тиском. У безінжекторних пальниках утворення суміші пального газу і окислювача відбувається у змішувачі, до якого їх подають нарізно під однаковим тиском у діапазоні $0,03 \dots 0,05 \text{ МПа}$. Внутрішньосоплове змішування газів засноване на безінжекторній схемі з утворенням пальної суміші безпосередньо у вихідному каналі мундштука. Зовнішнє змішування — змішування потоків газів пального і окислювача за соплом мундштука пальника.

2. Необхідна апаратура та матеріали.

- 2.1. Інжекторний пальник з комплектом шлангів.
- 2.2. Диференційний манометр.
- 2.3. Кисневий балон з редуктором.
- 2.4. Ацетиленовий генератор з водяним затвором або ацетиленовий балон з редуктором.
- 2.5. Карбід кальцію.
- 2.6. Комплект наконечників до пальника.

3. Порядок виконання роботи.

3.1. Ознайомитися з конструкцією пальника.

3.2. Провести іспит на щільність. Для цього надіти на кисневий ніпель пальника шланг, пропустити через нього кисень тиском 3-5 атм, закрити кисневий вентиль пальника і покласти пальник у воду. При з'явленні пузирів газу судять про щільність окремих вузлів пальника.

Після цього шланг знімають з кисневого ніпеля та надівають на ацетиленовий. Випробування проводяться у тієї ж послідовності.

Нещільності у роз'ємних з'єднаннях усуваються шляхом підтягування відповідних ущільнюючих деталей, або підпаюванням у нероз'ємних з'єднаннях.

3.3. Провести випробування на розрядження у ацетиленовому каналі.

Величину розрядження в ацетиленовому каналі інжекторного пальника визначають наступним чином. До кисневого ніпелю приєднується шланг, у пальник подається кисень під тиском 1, 2, 3, 4, 5 та 6 атм. До ацетиленового ніпелю приєднується шланг з диференційним манометром. При відкриванні обох вентилів пальника, манометр покаже розрядження у ацетиленовому каналі пальника. Змінюючи номери наконечників від 0 до 7 отримують залежності розрядження від тиску для кожного номера наконечника. Результати вимірів записуються до таблиці 3.1.

3.4. Побудувати графіки залежностей величини розрядження у ацетиленовому каналі в залежності від тиску кисню для кожного номера наконечника. При не відповідності отриманих даних даним у таблиці 3.2. провести регулювання інжекторного вузла, хоча б на одному наконечнику, з'ясувавши яким чином можна регулювати інжекторний вузол.

Таблиця 3.1. Залежність розрядження в ацетиленовому каналі від тиску кисню

Номера наконечни ків пальника	Тиск кисню, атм						
	1	2	3	4	5	6	7
	Величини розрядження в ацетиленовому каналі мм. рт. ст.						
0							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

У справному пальникові величини розрядження повинні відповідати даним таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Типові значення розрядження в ацетиленовому каналі

Номери мундштуків	0	1-2	3-4	5-6	7
Величина розрядження в ацетиленовому каналі, мм. рт. ст.	75-90	120-160	170-200	210-230	240-280

4. Вимоги до звіту.

- 4.1. Навести мету та задачі роботи.
- 4.2. Навести хід виконання роботи.
- 4.3. Заповнити таблицю 3.1. і побудувати графіки залежності величини розрядження від тиску кисню і номеру наконечника.
- 4.4. Проаналізувати відповідність отриманих результатів даним таблиці 3.2. і визначити шляхи усунення отриманих розбіжностей.
- 4.5. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні запитання.

- 5.1. Перелічіть типи пальників по способу утворення пальної суміші і дайте їх характеристики.
- 5.2. З яких основних вузлів складається зварювальний пальник?

5.3. Перелічить пальники по тепловій потужності і поясніть чому кожен пальник комплектується визначеною кількістю наконечників?

5.4. Чим відрізняються пальники для зварювання ацетиленокисневим полум'ям і пропан-кисневим полум'ям?

5.5. Які переваги і недоліки має інжекторний пальник?

5.6. Які переваги і недоліки має безінжекторний пальник?

5.7. Перелічить характерні несправності пальників і опишіть способи їх усунення.

5.8. Чим характеризується стабільність горіння полум'я при спаленні горючої суміші в зварювальних пальниках?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Дослідження продуктивності і витрат матеріалів при зварюванні правим та лівим способами.

Мета роботи: практичне засвоєння методики вибору параметрів режиму газового зварювання та придбання навичок зварювання. Дослідження впливу способу зварювання на продуктивність.

Задачі роботи:

1. Засвоїти методику вибору способу газового зварювання правим та лівим способами.
2. Визначити технологічні параметри зварювання, вибрати необхідний інструмент та обладнання.
3. Засвоїти методику налагодження устаткування для зварювання.
4. Визначити для кожного зі способів зварювання продуктивність зварювання, витрату газів та присадкових матеріалів на одиницю наплавленого та розплавленого металу.
5. Порівняти отримані дані, зробити висновки.

1. Теоретичні відомості.

Продуктивність зварювання та витрати матеріалів, газів і присадкового матеріалу – основні чинники, що визначають техніко-економічні показники зварювання і тому є важливими при виборі і призначенні техно-логічного процесу виготовлення зварних конструкцій.

Існує два способи газового зварювання – правий та лівий.

Зварювання правим способом ведеться зліва направо, полум'я направлене на вже наплавлений метал та присадковий дріт. Цей спосіб використовується при зварюванні металу товщиною більше 3-4мм. При цьому підвищується продуктивність зварювання.

Зварювання лівим способом ведеться з права наліво, полум'я направлене на нерозплавлені кромки металу, що зварюються, та на присадковий дріт. Спосіб рекомендується використовувати при зварюванні тонкого металу.

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

Потужність полум'я розраховується по питомих витратах пального газу, необхідного для зварювання одного міліметра товщини металу, по формулі:

$$V_{C_2H_2} = k \cdot \delta \quad (1)$$

де: δ - товщина металу, мм;
 k - питомі витрати ацетилену для зварювання металу товщиною 1мм., $\text{дм}^3/\text{год. мм}$.

Практикою встановлено такі витрати ацетилену для деяких металів:

- сталь вуглецева 100-150 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- сталь легована 80-120 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- чавун 80-120 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- мідь 150-200 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- латунь 100 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- бронзи 100 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- алюміній 75-100 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- алюмінієві сплави (АМг, АМц) 40-45 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- нікель 180 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- нікелеві сплави 140 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- свинець 25 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$
- олово 30 $\text{дм}^3/\text{год. мм}$

Підбір пальника для зварювання та його наконечника роблять по витратам пального газу.

По розрахованим витратам ацетилену вибирається відповідний номер наконечника згідно таблиці 4.1. і по номеру наконечника вибирається пальник.

Таблиця 4.1. Наконечники ацетиленових пальників із безперервною шкалою потужності.

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

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

При зварюванні газами – заміниками ацетилену витрати пального газу визначаються по формулі

$$V_{\text{C}_x\text{H}_y} = \psi * k * \delta \quad (2)$$

де: ψ - коефіцієнт заміни ацетилену на газ – замітник.

(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 використовується пальник ГЗУ-3-02. Номера наконечників пальників ГЗУ-3-02 визначаються у відповідності з розрахованими по формулі (2) витратами газів за таблицю 4.2.

Таблиця 4.2. Наконечники пальника ГЗУ-3-02 для газів – заміників ацетилену.

Газ	Номер наконечника			
	1	2	3	4
	Витрати газу $dm^3/год.$			
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

Діаметр присадкового дроту розраховується по залежностям:

$$d=(\delta/2+1) \text{ мм, для лівого способу зварювання,}$$

$$d=\delta/2 \text{ мм, для правого способу зварювання.}$$

Для зварювання конструкційних нелегованих сталей ацетиленом, використовується низьковуглецевий дріт марки Св08, Св08А, а при зварюванні газами – заміниками ацетилену Св08Г2С, Св08ГС.

При зварюванні конструкційних низьковуглецевих сталей як правило зварювальні флюси не використовуються. Флюси використовуються при зварюванні вуглецевих та легованих сталей, кольорових металів.

Прихватки при газовому зварюванні роблять із кроком від 50мм до 150мм на параметрах режиму аналогічних зварюванню.

Продуктивність газового зварювання можна оцінити по масі розплавленого і наплавленого металу за одиницю часу – годину:

$$G = \frac{F \cdot L \cdot \rho \cdot 3600}{1000 \cdot \tau} = 3,6 \frac{F \cdot L \cdot \rho}{\tau} \quad \text{кг/год,}$$

де: F – площа перерізу зварного шва, $см^2$;

L – довжина зварного шва, $см$;

ρ – питома вага матеріалу (для сталі $7,8 г/см^3$);

τ – час зварювання, $с$.

Ефективність використання теплової енергії можна визначити ефективним ККД зварювання:

$$\eta_{зв} = \frac{\omega \cdot \rho \cdot S_{пл}}{q_n} \cdot (F_{пр} + F_{напл}),$$

де: ω – швидкість переміщення пальника, $м/год$;

ρ – питома вага матеріалу, $кг/см^3$;

$S_{пл}$ – тепловміст одиниці маси металу при $T_{пл}$ (для сталі при $T_{пл}=1600\text{ }^{\circ}C$ $S_{пл}=1600\text{Дж/кг}$);

$q_n = Q_n \cdot V_A$ – повна теплота, яка утворилася при згорянні газу, $МДж/год$;

Q_n – теплотворна спроможність ацетилену ($Q_{н.ацетилену}=53\text{МДж/м}^3$);

$V_{ацетилену}$ – витрати ацетилену, $м^3/год$.

Знаючи вагу наплавленого металу G , можна визначити витрати газів на наплавлення та розплавлення $1кг$ металу та швидкість його наплавлення:

$$A_{напл} = \frac{V_{C_2H_2}}{G},$$

$$K_{напл} = 1,2 A_{напл},$$

$$V_{напл} = \frac{G \cdot 3600}{\tau},$$

Лінійна швидкість зварювання, $м/год$, визначається з рівняння:

$$W = \frac{3600 \cdot L}{100 \cdot \tau},$$

Видаток газів при зварюванні на $1м$ визначається, $м^3/м$:

$$A' = \frac{V_{C_2H_2}}{1000 \cdot W}; \quad K' = 1,15 A',$$

де $V_{C_2H_2}$ – потужність полум'я, що визначається годинною витратою ацетилену, $л/год$.

Таблиця 4.3. Основні показники зварювання на 1кг наплавленого металу

Спосіб зварювання	Вага пластини		Вага наплавленого металу	Вага дроту		Вага дроту, що витратився, $C_{др}$	Час зварювання t , с	Довжина шва L , см,	Товщина пластини δ , см	Площа перерізу шва F , мм ²	Потужність полум'я $V_{C_2H_2}$ л/год	Втрати на розбризкування	Вага розплавленого металу
	До зварювання, гр.	Після зварювання, гр.		До зварювання, гр.	Після зварювання, гр.								
Лівим													
Правим													

Таблиця 4.4. Основні показники зварювання на 1м шва

Спосіб зварювання	Витрати ацетилену $A_{напл}$, л/кг	Витрати кисню $K_{напл}$, л/кг	Витрати газів на 1м.		Швидкість зварювання та наплавлення			ККД $\eta_{зв}$	Втрати g , %	Вага металу наплав. 1м ³ ацетилену	Витрати присаджувального дроту на 1м шва, г/м
			Ацетилен, м ³ /м	Кисень, м ³ /м	Розпл.: кг/год	Лін.: м/год.	Напл.: кг/год.				
Лівим											
Правим											

2. Необхідне обладнання та матеріали.

- 2.1. Газозварювальний пост: газові балони, редуктори, шланги, генератор, стіл зварювальника, протипожежне обладнання, то що.
- 2.2. Газозварювальний пальник з комплектом наконечників.
- 2.3. Терези з важками до 5кг.
- 2.4. Секундомір.
- 2.5. Сталеві пластини для зварювання 200x50x(6...8)мм – 4шт.
- 2.6. Присадковий дріт $\varnothing 2-3$ мм – 400-500гр.
- 2.7. Слюсарний верстак.
- 2.8. Терпуг.
- 2.9. Реактиви для травлення.
- 2.10. Штангенциркуль або лінійка.

3. Порядок виконання роботи.

- 3.1. Підготувати зварювальний пост до роботи.
- 3.2. Розрахувати необхідні витрати пального газу, визначити № наконечника, підібрати та відрегулювати пальник.
- 3.3. Підготувати пластини до зварювання, зробити розробку кромки

під кутом 45° для лівого та 30° для правого способу зварювання(якщо пластини товщиною більше 4х мм)

3.4. Визначити марку та діаметр присадкового дроту та підготувати два мотки присадкового дроту.

3.5. Виконати прихватки пластин.

3.6. Зважити пластини та присадковий дріт.

3.7. Провести зварювання зразків лівим способом з фіксацією часу витраченого на зварювання та довжини шву.

3.8. Зважити зразок після зварювання і після зачистки від крапель і шлаку.

3.9. Зварений зразок розрізати поперек шву, шліфувати, травити, визначити площу перерізу шва і вагу розплавленого і наплавленого металу.

3.10. Визначити продуктивність, ефективний ККД зварювання, швидкість зварювання, витрати газів на 1кг наплавленого металу та одиницю довжини шву. Занести отримані данні до таблиці 4.1. та 4.2.

3.11. Повторити аналогічно всі операції по пунктах 3.7-3.10 і зварити зразки правим способом зварювання.

3.12. Провести аналіз і порівняння отриманих результатів по обох способах зварювання.

4. Вимоги до звіту.

4.1. Описати мету і завдання роботи.

4.2. Описати хід виконання роботи.

4.3. Зафіксувати результати експерименту у таблиці 1.

4.4. Виконати розрахунки і заповнити таблицю 2.

4.5. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні запитання.

5.1. Які переваги і недоліки при зварюванні правим і лівим способами?

5.2. Перелічіть параметри технологічних режимів газового зварювання.

5.3. В чому полягає особливість зварювання середньо і високовуглецевих сталей?

5.4. В чому полягає особливість зварювання високоміцних сталей перлітного класу?

5.5. В чому полягає особливість зварювання нержавіючих хромонікелевих сплавів?

5.6. В чому полягає особливість газового зварювання чавуну?

5.7. Яке співвідношення між ацетиленом і киснем при зварювання міді?

5.8. Яке співвідношення між ацетиленом і киснем при зварюванні латуні?

5.9. Як налагодити пальник на визначену теплову потужність?

5.10. Який присадковий дріт використовується при газовому зварюванні низьковуглецевих сталей ацетиленом і газами-замінниками.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Вибір параметрів режиму газового паяння, інструменту та обладнання.

Мета: Засвоєння методики визначення конструктивних розмірів паяного з'єднання, вибору параметрів режиму газополуменевого паяння і отримання навичок паяння м'якими та твердими припоями. Дослідити вплив параметрів процесу на якість з'єднання.

Задачі роботи:

1. Засвоїти методику розрахунку конструктивних розмірів паяного з'єднання.
2. Визначити технологічні параметри паяння, вибрати припій, флюс, інструмент та налагодити обладнання.
3. Оцінити міцність паяного з'єднання, зробити висновки.

1. Теоретичні відомості.

Паяння – технологічний процес отримання нероз'ємного з'єднання деталей виробу шляхом введення між ними проміжного металу – припою з температурою плавлення більш низькою ніж у металів, що з'єднуються. Припій у рідкому стані заповнює зазор між поверхнями, що з'єднуються, під дією капілярних сил, а потім кристалізується і міцно з'єднується з основним металом.

При паянні використовуються м'які (з температурою плавлення 80-290 °С) та тверді (560-150 °С) припої. Властивості припоїв дані у таблиці 5.1.

При паянні легкоплавких – м'яких припоїв використовуються так звані паяльні лампи, які працюють на бензині, гасі або спирті у суміші з повітрям. Температура полум'я таких ламп досягає 1000° - 1100°С.

Для паяння твердими припоями розроблені різні типи пальників які працюють на природному газі, пропан – бутані у суміші з повітрям на зовнішньому або внутрішньосопловому змішуванні, універсальні ацетилено-кисневі пальники, які використовуються при зварюванні.

Перед початком паяння, як і при газополуменевому зварюванні необхідно визначити витрати пального газу, вибрати тип пальника і номер накінечника. Вони вибираються з урахуванням матеріалу деталей, що з'єднуються, марки припою і суміші газів яка використовується.

Таблиця 5.1. Механічні властивості припоїв.

Марка припою	Робоча температура паяння t , °C	Межа міцності припою σ_B , кг/мм ²	k – коефіцієнт міцності
ПФ-45	745-845	37-51	0,65
Мф-3	715-850	15-18	0,38
ЛК 62-05	960-980	32	0,58
Л-62	940-960	28	0,40
ПОС-40 ПОС-60	290-350	3,4	0,06

Для паяння застосовують флюси які представляють собою неорганічні речовини з неметалічними зв'язками. Вони захищають паяні з'єднання від хімічної взаємодії з оточуючим середовищем, місця паяння і припій від забруднень, покращує розтікання і затікання в зазор рідкого припою. У Таблиці 5.2. наведені характеристики деяких флюсів.

Таблиця 5.2. Характеристики флюсів

Склад флюсу	Температурний інтервал флюсу, °C	Призначення флюсу
Хлорид цинку	290-350	Для пайки вуглецевих низьколегованих сталей, міді, нікелю і їх сплавів, легкоплавкими припоями.
Бура	743	Для пайки вуглецевих, низьколегованих сталей, міді, нікелю, і їх сплавів, високотемпературними припоями.

Щоб запобігти крихкості з'єднання між припоєм та металом основи, процес паяння необхідно вести без перегрівання. Для отримання якісного з'єднання достатньо нагріти шов на 20 – 50 °C вище температури повного розплавлення припою. Бажано щоб припой розплавлявся не полум'ям, а від нагрітого основного металу.

Паяні з'єднання можна розділити на дві основні групи: встик та внапусток. З'єднання встик використовують коли виріб працює не в жорстких умовах, від нього не вимагається герметичності. В усіх інших випадках ви-

користовують з'єднання внапусток. При цьому чим більше площа перекриття, тим вище міцність паяного з'єднання.

Конструктивні елементи паяного шву наведені на рисунку 5.1.

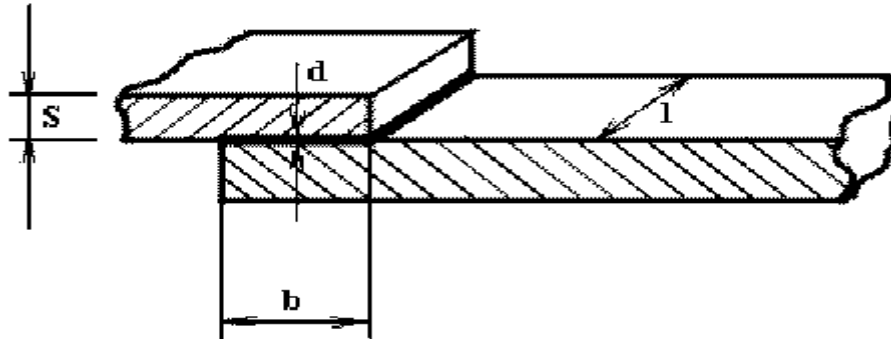


Рисунок 5.1. Конструктивні елементи паяного шва

S – товщина основного металу;

a – зазор;

b – довжина внапустку;

l – довжина шву.

Значною мірою міцність паяного з'єднання, його щільність залежать від величини зазору. Приклади зазорів, які рекомендуються при паянні деяких сплавів наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Рекомендовані зазори при паянні.

Припій	Зазори для основного металу, мм				
	Корозійно стійка сталь	Нимонин	Мідь	Мідні сплави	Вуглецеві сталі
Мідь	0,025... 0,075	-	-	-	0,01...0,05
Мідно-цинковий	0,075... 0,375	0,075... 0,375	0,075... 0,37	0,075... 0,037	0,05...0,25
Мідно-фосфористий	-	-	0,02...0,1	0,025... 0,12	-
Срібний	0,075... 0,375	0,075... 0,375	0,05...0,37	0,05...0,37	0,025...0,15

Довжину внапустку звичайно беруть у 3-8 раз більше товщини основного металу. При більшій довжині збільшуються витрати припою, але міцність при цьому не збільшується. Межа міцності основного металу при з'єд-

нанні внапусток двох прямокутних зразків товщиною S та шириною l визначається

$$\sigma_o = \frac{P_1}{l \cdot S} \quad \text{або} \quad P_1 = l \cdot S \cdot \sigma_o$$

де P_1 – сила розриву;

σ_o – межа міцності матеріалу при розтягуванні основного металу.

Межа міцності на зріз паяного з'єднання $\tau_{зр}$ ($\tau_{зр} = (0,6 \dots 0,8) \sigma_o$)

$$\tau_{зр} = \frac{P_2}{b \cdot l} \quad \text{або} \quad P_2 = b \cdot l \cdot \tau_{зр} \quad (1)$$

де P_2 – зусилля розриву;

l – довжина шва;

b – довжина внапустку.

Внапусток b визначається з умови: $P_2 = P_1$

$$b \cdot l \cdot \tau_{зр} = l \cdot S \cdot \sigma_o$$

$$b = \frac{\sigma_o}{\tau_{зр}} \cdot S \quad (2)$$

Для визначення розрахункових зусиль сили, яку треба прикласти на розрив зразка визначають з формули:

$$P = k \cdot \sigma_p \cdot S \quad (3)$$

де: k – коефіцієнт міцності дивись таблицю 5.1.

2. Необхідне обладнання та матеріали.

- 2.1. Газозварювальний пост;
- 2.2. Пальник з комплектом накінецьників;
- 2.3. Припої тверді і м'які;
- 2.4. Набір флюсів для паяння;
- 2.5. Зразки для паяння з сталі низьковуглецевої 150x30x2 мм – 4 шт;
- 2.6. Лінійка, штангенциркуль;
- 2.7. Машина для випробування паяних зразків на розрив.

3. Порядок виконання роботи.

- 3.1. Розрахувати довжину паяного з'єднання для твердих і м'яких припоїв по формулі (2).

- 3.2. Для порівняння механічних показників з'єднань зварити пластини тієї ж товщини і матеріалу, як і паяні, газополуменевим способом зварювання, зафіксувати час зварювання.
- 3.3. Підготувати поверхню зразків під паяння, зібрати з'єднання внапусток з розрахованими довжинами напуску.
- 3.4. Нагріти зразок до температури паяння, нанести флюс і нагріваючи зразок витримати деякий час, доки припій розплавиться (бажано від зразка) і розтечеться. Зафіксувати час паяння.
- 3.5. Повторити процес на зразках з використанням різних напускових розмірів і припоїв.
- 3.6. Після паяння зразки вставляють у розривну машину і по розрахованому за формулою (1) навантаженню, яке виставляється на шкалі розривної машини, зразки розривають.
- 3.7. Отримані дані записують в таблицю 5.4.

Таблиця 5.4. Результати випробувань паяних зразків.

№ досліду	Товщина металу, мм	Ширина пластини, мм	Ширина зазору, мм	Довжина в напустку, мм	Межа міцності металу, $\sigma_{мет}$	Межа міцності припою, $\sigma_{пр}$	Руйнівне навантаження, кг	Припій	Склад флюсу	Час паяння, хв

- 3.8. Побудувати графіки залежностей міцності паяного з'єднання від марки припою і величини напусткових з'єднань.
- 3.9. Зробити висновки по роботі, проаналізувати фактори які впливають на міцність паяних з'єднань.

4. Вимоги до звіту.

- 4.1. Описати мету і завдання роботи;
- 4.2. Описати хід виконання роботи;
- 4.3. Зробити необхідні розрахунки довжини напуску;
- 4.4. Зафіксувати результати експерименту у таблиці 5.4.;
- 4.5. Побудувати відповідні залежності міцності паяного з'єднання від величини напуску і марки припою;

4.6. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні запитання.

- 5.1. Чим відрізняється газополуменеве паяння від газового зварювання?
- 5.2. Які технологічні прийоми використовують при газополуменовому паянні?
- 5.3. Як визначити величину з'єднання внапусток?
- 5.4. Як впливає величина зазору на якість паяння?
- 5.5. Назвіть приклади марок м'яких і твердих припоїв, чим вони відрізняються?
- 5.6. Яке призначення флюсів при паянні?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Дослідження впливу параметрів газокисневого різання на продуктивність.

Мета роботи: отримання практичних навичок газокисневого різання та вибору параметрів технологічного процесу газокисневого різання. Дослідити вплив параметрів режиму різання на продуктивність.

Задачі роботи:

1. Вибрати технологічні параметри режиму різання, необхідне обладнання та інструмент.
2. Засвоїти методику налагодження установки для різання.
3. Дослідити вплив тиску ріжучого кисню на швидкість та ширину різання.
4. Визначити витрати газів на 1 м різання металу в залежності від товщини і тиску ріжучого кисню.

1. Теоретичні відомості.

Процес газокисневого різання металів полягає у згорянні (інтенсивному окисленні) металів у струмені кисню з примусовим видаленням цим струменем оксидів, що утворюються.

Газокисневим способом можна різати метал, який відповідає наступним вимогам:

1. Температура плавлення металу повинна бути вища температури його займання у кисні ;
2. Температура плавлення металу повинна бути вища температури плавлення оксидів, що утворюються в процесі різання;
3. Тепловий ефект утворення оксидів повинен бути досить великим, щоб основне тепловкладення при різанні було за його рахунок;
4. Консистенція шлаків, які утворюються при різанні, повинна бути якомога нижча;
5. Теплопровідність металу, що різеться повинна бути якомога нижча.

Цим вимогам повністю відповідають маловуглецеві сталі та титан.

Основними параметрами газокисневого різання (таблиці 6.1. та 6.2.) є тиск ріжучого кисню, витрати газів: кисню та паливних газів згідно яких вибирають номери внутрішнього та зовнішнього мундштуків різача, швидкість різання при машинному різанні.

Таблиця 6.1. Режими різання сталі ручними різачками.

Параметри режиму різання	Товщина сталі, що різеться, мм						
	3-8	8-15	15-30	30-50	50-100	100-200	200-300
Тиск ріжучого кисню, МПа.	0,25	0,35	0,4	0,4	0,5	0,75	1,0
Витрати газів, м ³ / 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-замінника ацетилену	0П; 1П	1П; 1П	2П; 1П	3П; 1П	4П; 2П	5П; 2П	6П; 2П

Таблиця 6.2. Режими різання сталі машинними різачками типу РМ

Параметри	Товщина сталі, що різеться, мм							
	5	10	20	30	40	60	80	100
Тиск ріжучого 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, м ³ / 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 сопла (внутрішнього)	1	1	1	1	1	2	3	3
Номер гільзи (зовнішньої)	1	1	1	1	1	1	1	1
Швидкість різання деталей II класу якості поверхні різання, мм/хв	490	420	350	310	290	250	210	200

Важливими характеристиками процесу різання є витрати газів на одиницю довжини різання для визначеної товщини металу, що різеться, а також ширини і чистоти різання.

Для виконання роботи необхідно визначити загальні витрати кисню:

$$K_{заг} = K_{нід} + K_{зг} + K_{вид},$$

де $K_{нід}$ – витрати підігрівуючого кисню, л/год.; $K_{зг}$ – витрати кисню на згорання металу у порожнині різання, л/год.; $K_{вид}$ – витрати кисню на виведення шлаків з порожнини різання, л/год..

$$K_{нід} = A \cdot \alpha,$$

де A – витрати пального газу, л/год.; α – відношення витрат газів у пальній суміші (для ацетилену $\alpha = 1,1-1,3$; пропан-бутану $3,5-4$; природного газу $1,5-1,6$).

Витрати ацетилену визначається по емпіричній формулі Черняка-Гузо-ва:

$$A = n \cdot \left(86 + \frac{250}{\delta} \right) \sqrt{\delta}, \quad [\text{л/год}].$$

Економічна оцінка кисневого різання більш показова, якщо виразити витрати газів не в л/год., а у літрах на 1 погонний метр різання.

Витрати пального газу:

$$A' = \frac{A \cdot \tau_{нід}}{36 \cdot l}.$$

Витрати підігрівуючого кисню:

$$K'_{нід} = A' \cdot \alpha,$$

де $\tau_{нід}$ – час горіння підігрівуючого полум'я, с; l – довжина різання, см; α – коефіцієнт співвідношення витрат газів у пальній суміші.

Визначимо видаток ріжучого кисню:

$$K_{ріж} = 0,5d^2 \cdot (P + 1),$$

де d – діаметр сопла, мм; P – надлишковий тиск кисню, кг/см².

$$K_{ріж} = K_{сі} + K_{вид}.$$

Визначимо ширину різання, см:

$$a = \frac{G_1 - G_2}{l \cdot \delta \cdot \gamma},$$

де G_1 – вага пластини до різання, г; G_2 – вага пластини після різання, г; l – довжина різання, см; δ – товщина металу, см; γ – питома вага заліза (7,8 кг/см³).

Витрати кисню на згорання металу при різанні зразка довжиною 1 м визначаються:

$$K_{сг} = \frac{100}{4,74} \cdot \frac{G_1 - G_2}{l}.$$

У той же час витрати ріжучого кисню на погонний метр різання:

$$K_{ріж} = \frac{500d^2 \cdot (P + 1) \tau_{ріж}}{36 \cdot l},$$

де $\tau_{ріж}$ – час різання зразка довжиною l см, с.

Таблиця 6. 4. Розрахункові результати експериментів

Робочий тиск ріжучого кисню, атм	Витрати кисню на 1 м			Витрати пального газу, л/м	Середня ширина різання, см, A	Продуктивність, м/год W	Час, хв., на 1 м різання	Глибина термічного впливу	Твердість по Брінелю		Примітка
	Всього, л	У тому числі							Основного металу	Зони впливу	
		На підігрів, $K_{під}$	На згорання, $K_{зг}$								

4. Вимоги до звіту.

- 4.1. Описати мету і задачі роботи.
- 4.2. Описати установку та хід роботи.
- 4.3. Провести розрахунки і занести дані у таблиці №3 та №4.
- 4.4. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні запитання.

- 5.1. Перелічіть параметри режиму газокисневого різання. В залежності від чого вони вибираються?
- 5.2. Яким вимогам повинні відповідати матеріали які різуться газокисневим способом?
- 5.3. По яких критеріях оцінюється ефективність і якість різання?
- 5.4. Чим визначаються витрати кисню при газокисневому різанні?
- 5.5. Опишіть конструкцію і технологічні можливості машини для різання АСШ70.
- 5.6. Яким чином забезпечують витрати кисню і ацетилену при налагодженні різачка на необхідні параметри різання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Визначення технологічних параметрів плазмового різання.

Мета роботи: Отримати практичні навички плазмового різання та вибору параметрів технологічного процесу різання. Визначити вплив товщини і складу матеріалу, що різеться на процес різання.

Задачі роботи:

1. Визначити технологічні параметри плазмового різання.
2. Засвоїти методику налагодження установки для плазмового різання.
3. Дослідити вплив розмірів та марки матеріалів на процес плазмового різання.
4. Дослідити вплив параметрів процесу на продуктивність при плазмовому різанні.

1.Теоретичні відомості.

Газотермічне різання металів поділяється на газокисневе у газоелектричне.

Досить широке розповсюдження отримали способи газоелектричного різання: дугове, повітряно-дугове, киснево-дугове та різання плазмовою дугою та плазмовим струменем.

Основними параметрами при плазмових способах різання є сила струму, напруга, діаметр електродів і витрати повітря або інших плазмоутворюючих газів, діаметр сопла плазмотрона.

Орієнтовні режими плазмово-дугового різання наведені у таблицях 7.1.; 7.2.; 7.3..

Таблиця 7.1. 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 7.2. Орієнтовні режими повітряно-плазмового машинного різання корозійно стійких сталей на установці типу “Київ”

Товщина металу, що різеться, 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 7.3. Орієнтовні режими плазмового різання кольорових металів

Товщина металу що різеться, мм	Діаметр сопла, мм	Сили струму, А	Напруги, В	Витрати газу м ³ /год				Швидкість різання м/год
				аргон	азот	водень	повітря	
Алюмінієві сплави								
10	2	200	170-180	—	5	—	—	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	—	22

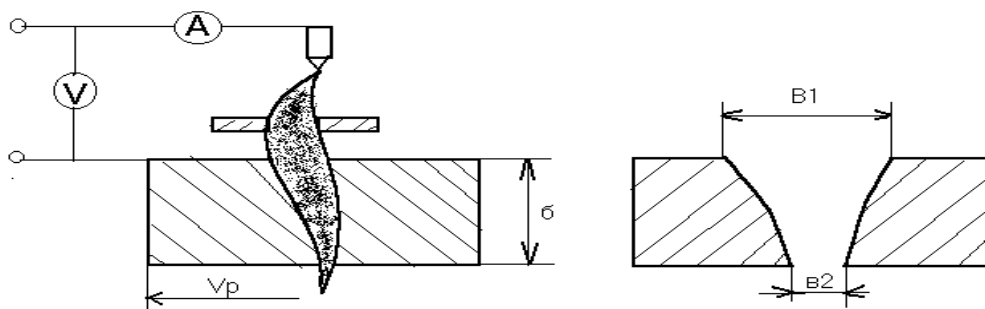


Рисунок 7.1. Схема утворення різі при плазмо-дуговому різанні.
б – товщина матеріалу, що розрізається;

V_p – напрямок різання;

B_1 та B_2 – ширина верхньої та нижньої частин різку.

Оптимальні параметри режиму різання можна вибрати виходячи з балансу теплової потужності, яка йде на випаровування і розплавлення металу в об'ємі, який дорівнює об'єму утвореного різку за одиницю часу.

$$\eta_{\text{п}} \cdot I_{\text{д}} \cdot U_{\text{д}} = \gamma \cdot V_{\text{ср}} \cdot \delta \cdot \Delta S \cdot V_p \text{ Вт/сек.} \quad (1)$$

де $\eta_{\text{п}}$ – К.К.Д. використання потужності дуги, %;

γ – густина металу, г/см³;

$V_{\text{ср}} = B_1 + B_2$ - середня ширина різку (див. рис.7.1.);

δ – товщина металу, що розрізається, см;

V_p – максимальна швидкість різання, см/сек;

ΔS – тепловміст розплавленого металу, який видалено з порожнини різку, Дж/г.

Величина $\eta_{\text{п}}$ залежить від коефіцієнту теплопровідності λ металу, що різеться. При розрахунках приймається $\eta_{\text{п}}=0,4$.

Кількість теплоти, витраченої на розплавлення і випаровування металу, визначається формулою:

$$\Delta S = C_{p1} \cdot (T_{\text{пл}} - T_0) + q_{\text{пл}} + k \cdot C_{p2} \cdot (T_{\text{кип}} - T_{\text{пл}}) + k \cdot q_{\text{кип}} \quad (2)$$

де C_{p1}, C_{p2} – середня питома теплота металу в діапазонах температур $T_{\text{пл}} - T_0$ і $T_{\text{пл}} - T_{\text{кип}}$, Дж/г·град.;

$T_0, T_{\text{пл}}, T_{\text{кип}}$ – відповідно початкова температура металу, температура його плавлення і кипіння, °К;

$q_{\text{пл}}, q_{\text{кип}}$ – прихована теплота плавлення і кипіння металу;

k – доля випаровуваного металу (в розрахунках приймається $k = 0,05 - 0,1$);

Згідно правилу Тритона :

$$q_{\text{кип}} = 88 \cdot T_{\text{кип}} / A \text{ Дж/г,} \quad (3)$$

де A – атомна маса металу.

Для визначення швидкості різання плазмо-дуговим способом можна використати наступну формулу:

$$V_p = \eta_{\text{п}} \cdot I_{\text{д}} \cdot U_{\text{д}} / (\gamma \cdot \Delta S \cdot V_{\text{ср}} \cdot \delta) = k \cdot I_{\text{д}} \cdot U_{\text{д}} / (B_{\text{ср}} \cdot \delta) \text{ см/сек.} \quad (4)$$

В таблиці 7.4. приведені деякі теплофізичні характеристики матеріалів, що різуться плазмовими способами.

Таблиця 7.4. Теплофізичні характеристики матеріалів, що різуться плазовими способами

Метали	$I_{\text{перем. струму}},$ А	$\gamma,$ г/см	$T_{\text{пл}},$ $^{\circ}\text{К}$	$T_{\text{кип}},$ $^{\circ}\text{К}$	$c_{p0},$ Дж/г (при 293°К)	$c_{\text{пл}},$ Дж/г	$\lambda,$ Дж/см·се	$\kappa,$ град $\kappa_1 \cdot 10^9$	$\text{см}^3/\text{Дж}$
Алюміній	27	2,7	930	2670	0,5	350	2,34	95	
Мідь	63,5	8,96	1356	2850	0,34	212	3,84	17	
Сталь	55,9	7,86	1810	3170	0,46	270	0,73	44	

2. Необхідне обладнання та матеріали.

- 2.1. Установка плазмодугового різання “Київ – 2”.
- 2.2. Зразки із Ст 3 розміром $200 \times 400 \times 10$, $200 \times 400 \times 5$, та алюмінію або Х18Н9Т $200 \times 400 \times 5$.
- 2.3. Секундомір, лінійка, штангенциркуль.

3. Порядок виконання роботи.

- 3.1. Ознайомитись з конструкцією установки для плазмового різання, правилами техніки безпеки при роботі на установці Київ-2 і впливом негативних екологічних факторів на здоров'я людини.
- 3.2. Підключити амперметр і вольтметр до установки згідно рис.7.1.
- 3.3. Встановити витрати плазмоутворюючого газу, підключити і налагодити установку на вибрані параметри різання, переконатись в готовності обладнання до роботи.
- 3.4. Підготувати до різання два зразка різних металів, та одного з металу різної товщини від 5 до 20 мм.
- 3.5. Визначитися з послідовністю проведення експерименту згідно із завданням викладача, зафіксувати розміри зразків.
- 3.6. Використовуючи формули 1,2,3,4 зробити необхідні розрахунки швидкості різання для кожного експерименту.
- 3.7. Зробити один різ металу, при цьому зафіксувати час різання, струм, напругу, витрати плазмоутворюючого газу, довжину різі.
- 3.8. Збільшивши товщину (або змінивши марку матеріалу) повторити експеримент по різанню металу (п. 3.6).
- 3.9. Визначити середню ширину різі на кожному з зразків.
- 3.10. Отриманні данні занести в таблиці 7.5..
- 3.11. Розрахувати реальну швидкість різання і встановити залежність від товщини і марки матеріалу.

Таблиця 7.5. Результати розрахунку швидкості різання

№	δ , см	Ма- теріал	U, В	I, А	Довжи- -на L, см	V _{ср.} , см	Час різан- ня, сек.	V _р , шв. різан- ня
							розрах.	експер.

4. Вимоги до звіту.

- 4.1. Навести мету і завдання роботи.
- 4.2. Дати опис ходу виконання роботи.
- 4.3. Навести вибрані параметри різання.
- 4.4. Провести необхідні розрахунки і порівняти розрахункові і експериментальні результати, зробити аналіз.
- 4.5. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні запитання.

- 5.1. Опишіть суть різання плазмовою дугою і плазмовим струменем.
- 5.2. Які матеріали ріжуться плазмовою дугою і плазмовим струменем?
- 5.3. Перелічіть параметри режиму процесів плазмового різання. Від чого вони залежать?
- 5.4. Як вибирати плазмоутворюючий газ при плазмовому різанні. Для різання яких металів використовуються аргон, азот, їх суміші, повітря?
- 5.5. Для яких діапазонів товщин доцільно використовувати повітряно-плазмове різання деталей з вуглецевих сталей?
- 5.6. Опишіть конструкції установки “Київ-2” для плазмового різання.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Дослідження впливу технологічних параметрів на процес киснево – флюсового різання.

Мета роботи: отримати практичні навички киснево-флюсового різання та вибору параметрів технологічного процесу різання. Оцінити вплив товщини і хімічного складу матеріалу, що ріжеться, на процес різання.

Задачі роботи:

1. Визначити технологічні параметри режиму киснево-флюсового різання, вибрати необхідне обладнання та інструменти.
2. Засвоїти методику налагодження установки для різання.
3. Дослідити вплив флюсу і тиску ріжучого кисню на швидкість і ширину різання.

1. Теоретичні відомості.

Застосовується киснево-флюсове різання для металів, які не піддаються процесу газо-кисневого різання. Це такі метали як чавуни, нержавіючі сталі, кольорові метали та їх сплави.

Для різання таких матеріалів, в яких висока теплопровідність, або які утворюють тугоплавкі оксиди, необхідна додаткова кількість теплоти. Це досягається введенням у зону різання флюсів, які при горінні виділяють більшу кількість теплоти. В якості флюсів при киснево-флюсовому різанні викритувують залізні порошки з вмістом вуглецю від 0,08 до 0,4 %.

До залізного порошку при різанні хромонікелевих сплавів доцільно додавати до 10-15 % алюмінієвого порошку, при різанні кольорових металів та бетону до 65 % алюмінієвого порошку.

Для киснево – флюсового різання використовуються установки типу УРХС в яких до стандартних різаків для ацетилено-кисневого (Р2А) або пропан-кисневого (Р2П) різання додається спеціальне обладнання для зовнішньої подачі флюсу. На рисунку 8.1. дана схема установки УРХС-5.

Робочі гази (кисень, ацетилен, пропан-бутанова суміш) подаються з балонів 1 і 2 (рис. 8.1.) через постові редуктори, або від магістральних трубопроводів.

Ацетилен або його замітник від джерела постачання подається безпосередньо до різача 4 по шлангу 3.

Кисень від джерела постачання подається до трійника 9 флюсоживильника 8. При цьому частина його (кисень транспортуєчий порошок) подається у флюсоживильник і через інжекторний пристрій 7 у суміші з флюсом по гумотканевому шлангу 6 прямує до різача. Інша частина кисню через

трійник 9 поступає безпосередньо по шлангу 5, забезпечує утворення ріжучого струменю і підігрівуючого полум'я.

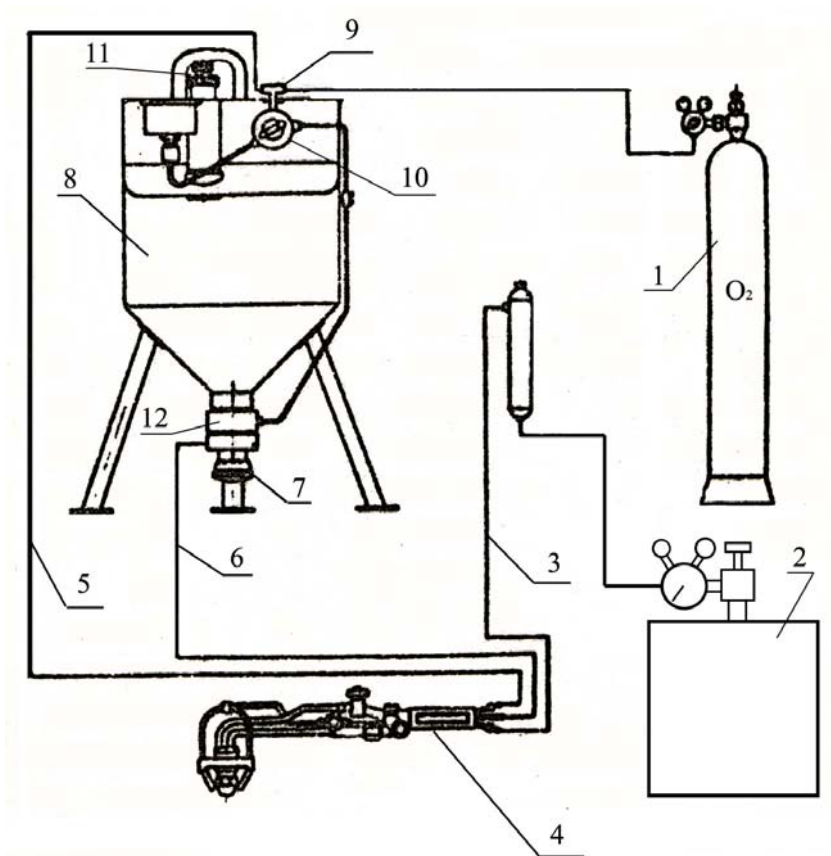


Рисунок 8.1. Схема установки УРХС-5

При виборі режиму ручного киснево-флюсового розподільчого різання високолегованих сталей та деяких мідних сплавів слід користуватися таблицею 8.1..

Таблиця 8.1. Експлуатаційна характеристика установки УРХС-5 при ручному розподільчому різанні високолегованих і кольорових сталей.

Товщина листа, що ріжеться, мм	10	20	30	40	60	80	100	150	180	200
№ внутрішнього мундштука різача	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5
№ зовнішнього мундштука різача	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Тиск кисню по манометру в робочій камері редуктора, кгс/см ²	6-7	6-7	8-9	6-7	8-9	9-10	6-7	7-8	8-9	9-10
Тиск кисню по манометру на флюсоживильнику, кгс/см ²	0,1-0,5									
Витрати кисню, м ³ /год	4-5	6-7	8-9	10-11	14-15	18-20	21-24	27-20	33-35	35-38
Витрати ацетилену, м ³ /год	0,6-0,7	0,7-0,8	0,7-0,8	0,8-0,9	0,9-1,0	1,0-1,1	1,0-1,1	1,4-1,5	1,6-1,7	1,7-1,8
Витрати флюсу, кг/год	6-9				12-18					
Швидкість різання, мм/хв	760-460	574-345	490-290	435-260	380-225	360-200	300-180	260-155	240-145	230-140
Середня ширина різучого проміжку, мм	3,5-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6-7	7-8	7,5-8,5	8,5-9,5	9,5-10,5	10,5-11,5	11,5-12,5

2. Обладнання та матеріали.

- 2.1. Установка УРХС – 5 в комплекті;
- 2.2. Балон кисню, балон газу – заміника ацетилену, стиснуте повітря;
- 2.3. Флюс ПЖ – 1, або ПЖ – 2-4 з грануляцією 60 –149 мкм;
- 2.4. Зразки 20x100x200 з нержавіючої сталі, та мідних сплавів, зразок з мало вуглецевої сталі 20x100x200;
- 2.5. Штангенциркуль, лінійка, секундомір
- 2.6. Терези, ємність для зважування порошку.

3. Порядок виконання роботи.

- 3.1. Підготувати установку УРХС–5 до роботи оглянути її і переконатися в працездатності її вузлів;
- 3.2. Засипати просіяний флюс через горловину 11 (рис.8.1.). При ємності бачка 20 кг флюсу в бачку, для нормальної роботи установки, повинно бути не менше 2 кг флюсу.
- 3.3. Відрегулювати проміжок між штоком і сідлом живильника, для чого завернути шток до упору, а потім вивести його і встановити потрібний проміжок у відповідності до графіку, що наведений на рис. 8.2..

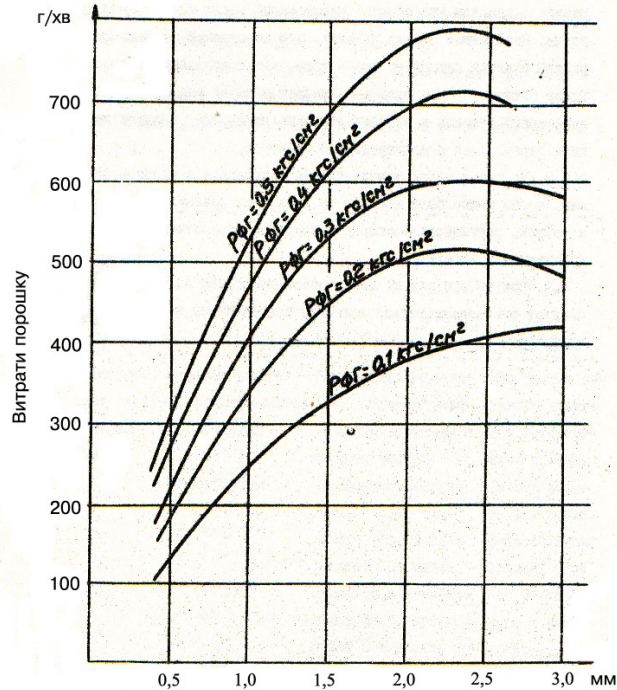


Рис.8.2. Залежність витрат порошку від проміжку між штоком і сідлом живильника.

- 3.4. Редуктором 10 (рис.8.1) встановити тиск флюсо-несучого кисню по манометру 9.
- 3.5. Для перевірки правильності налагодження подачі флюсу, можна скористатися ємністю для вловлювання флюсу. Для цього виконати таку послідовність дій:
 - а) зважити ємність;
 - б) зафіксувати час засипання флюсу в ємність;
 - в) зважити ємність з флюсом.
- 3.6. Покласти лист металу для різання, передбачити вільний простір під листом не менше 300 мм.
- 3.7. Запалювати різак потрібно як для звичайного кисневого різання маловуглецевої сталі, але слід пам'ятати, що порошковий вентиль на різаку слід відкривати після того, як підігріваче полум'я буде запалене разом з ріжучим киснем. При закінченні роботи спочатку закривають порошковий вентиль і ріжучий кисень, а потім вимикають пальний газ і підігрівачий кисень.
- 3.8. Зробити спробу порізати високолеговані сталі і мідні сплави без флюсу і встановити можливість або неможливість різання.
- 3.9. Провести різання зразків з високолегованих сталей і мідних сплавів з використанням флюсу з фіксацією часу різання, довжини різку, ширини зразків до і після різання, ваги зразків до і після різання; витрат газів, флюсу. Дані занести у таблицю 8.2..
- 3.10. Зробити висновки щодо впливу виду матеріалу, товщини металу на параметри різання.

4. Вимоги до звіту.

- 4.1. Вказати мету і задачі роботи;
- 4.2. Описати хід роботи і методику вибору параметрів режимів різання і налагодження обладнання;
- 4.3. Навести розрахунки продуктивності різання і витрат матеріалів для різання;
- 4.4. Зробити висновки по роботі.

5. Контрольні питання.

- 5.1 Для яких металів призначене киснево-флюсове різання ?
- 5.2 Яке обладнання застосовується для процесу киснево-флюсового різання?
- 5.3 Перелічіть технологічні параметри процесу киснево-флюсового різання.
- 5.4. З якою метою використовується флюс при киснево-флюсовому різанні?
- 5.5. Що входить до складу флюсу при киснево-флюсовому різанні?
- 5.6. Розкажіть про суть різання кисневим списом і киснево-флюсовим списом.

Література

1. Евсеев Б. Г., Глизмоненко Д. Л. Оборудование и технология газопламенной обработки металлов и неметаллических материалов. М.: Машиностроение, 1974г – 312с.
2. Исаенко И. А., Гуськов В. И. Справочник газорезчика. Донецк: Донбас, 1983г. – 159с.
3. Китаев А. М. Китаев Я. А. Справочная книга сварщика. – М.: Машиностроение, 1985г. – 256с.
4. Н. И. Никифоров, С. П. Нешумова, И. А. Антонов. Справочник молодого газосварщика. М.: Высшая школа. 1991г. – 239с.
5. В. Н. Корж, В. И. Прохоров. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу “Газопламенная обработка металлов”.– Киев: КПИ. 1980г – 35с.