

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Газополуменева обробка металів»
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

2019

Конспект лекцій з дисципліни «Газополуменева обробка металів» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укл. О.Є.Капустян. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. 54 с.

Укладач: О.Є. Капустян, канд. техн. наук,
Рецензент: М.Ю. Осіпов, канд. техн. наук, доцент
Коректор: І.П. Аверченко
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено
на засіданні кафедри ОТЗВ
Протокол №15 від 22.05.2019 р.

Рекомендовано
до видання НМК ІФФ
Протокол №8 від 20.06.2019 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 ГАЗИ ДЛЯ ГАЗОПОЛУМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ	6
1.1 Властивості та отримання кисню.....	6
1.2 Конструкція і правила експлуатації кисневих балонів	7
1.3 Горючі гази для газополуменевої обробки	9
1.4 Ацетилен, його властивості та отримання.....	11
1.5 Зберігання і транспортування ацетилену і горючих газів	12
2 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАЗОЗВАРЮВАЛЬНИХ ПОСТІВ ..	14
2.1 Ацетиленові генератори	14
2.2 Запобіжні затвори.....	16
2.3 Редуктори	18
2.4 Перепускні рампи.....	20
2.5 Газові шланги	21
2.6 Пальники для газового зварювання.....	22
3 ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ.	25
3.1 Будова газозварювального полум'я та його склад.....	25
3.2 Флюси для газового зварювання	26
3.3 Техніка газового зварювання металів	27
3.4 Типи зварних з'єднань і підготовка металу до зварювання	29
4 ТЕХНОЛОГІЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ	30
4.1 Зварювання сталей	30
4.2 Зварювання чавуну.....	32
4.3 Зварювання міді та її сплавів	33
4.4 Зварювання алюмінію та його сплавів	34
4.5 Особливості газового зварювання нікелю	36
5 ГАЗОПРЕСОВИЙ СПОСІБ ЗВАРЮВАННЯ	37
6 ГАЗОПОЛУМЕНЕВЕ НАПЛАВЛЕННЯ	38
7 ГАЗОПОЛУМЕНЕВЕ ПАЯННЯ	40
8 ГАЗОТЕРМІЧНЕ НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТІВ	43
8.1 Суть процесу газотермічного напилення.....	43
8.2 Способи напилення газотермічних покриттів	44
8.3 Обладнання й матеріали для напилення і металізації.....	46
8.4 Технологія нанесення газотермічних покриттів	47
8.5 Детонаційно-газовий спосіб напилення покриттів	48

9 ГАЗОПОЛУМЕНЕВЕ ПОВЕРХНЕВЕ ГАРТУВАННЯ	51
ВИСНОВКИ	54

ВСТУП

До газополуменевої обробки матеріалів відносяться усі технологічні процеси, пов'язані з обробкою металів і неметалів високотемпературним газовим полум'ям.

Використання теплової енергії полум'я при обробці матеріалів відоме давно, але розвиток промислового способу газового зварювання та інших видів газополуменевої обробки став можливим після винайдення у 1895 р. способу отримання із карбіду кальцію горючого газу ацетилену.

При спалюванні ацетилену утворюється високотемпературне полум'я, за допомогою якого можна швидко нагрівати, розплавляти метал, здійснюючи різноманітні технологічні операції.

У 1901 р. французькі інженери Едмон Фуше і Шарль Пікар сконструювали газозварювальний пальник, який стабільно працював на ацетиленокисневій суміші. Це сприяло швидкому поширенню у всіх країнах способу газового зварювання виробів і розробці нових технологічних процесів.

Промислове впровадження наплавлення виробів почалося у 1922 р., коли брати Студі вперше здійснили у США наплавлення коронок бура газовим способом з використанням присадного металу із хромового сплаву.

В подальшому були розроблені і почали інтенсивно впроваджуватись у виробництво інші способи газополуменевої обробки такі як напилення, паяння, поверхнєве гартування, термічне різання, газополуменеве очищення поверхні та інші.

Газополуменева обробка – один з найбільш розповсюджених процесів у зварювальному виробництві. При виготовленні більшості конструкцій використовують різноманітні способи термічного різання. Рівень його механізації перевищує 70 % і є одним із самих високих у зварювальному виробництві.

Від якості і точності вирізаних заготовок в значній мірі залежить якість зварної конструкції. Тому розвитку даної галузі в зварювальному виробництві приділяють значну увагу і розробляють прогресивне обладнання. Це такі організації, як «Автогенмаш» (Одеса), «Інтерфакел» (Бровари), «Донмет» (Краматорськ).

Метою вивчення дисципліни є підготовка фахівців до

самостійного вирішення питань по розробці технології, освоєнню і експлуатації обладнання для газополуменевого наплавлення, зварювання, термічної обробки, металізації, різання металів і пластиків.

Завданням дисципліни є надбання студентами необхідних знань про межі раціонального використання різних технологічних процесів і принципи вибору оптимальних режимів виконання технологічних операцій, заходи і методи проектування нових процесів і способів газополуменевої обробки при виготовленні і відновленні деталей машин.

1 ГАЗИ ДЛЯ ГАЗОПОЛУМЕНЕВОЇ ОБРОБКИ

1.1 Властивості та отримання кисню

Критична температура — така температура, при якій густина і тиск насиченої пари стають максимальними, а густина рідини, що перебуває у динамічній рівновазі з парою, стає мінімальною. При температурі, вищій за критичну температуру газу, його неможливо сконденсувати при жодному тиску. Критична температура

Критичний тиск — максимальний тиск, при якому може спостерігатися фазова границя між рідиною та газом. При тиску, вищому за критичний, різниця між газом і рідиною зникає, речовина займає весь об'єм посудини і не випаровується при жодній температурі.

Величина тиску в критичному стані системи, тобто тоді, коли співіснуючі рівноважні її фази стають однаковими за всіма своїми властивостями. Це мінімальний тиск, який достатній для того, щоб зрідити речовину при її критичній температурі. Вище від критичного тиску підвищення температури не викликає випаровування і появи двофазної системи.

У газополуменевій обробці кисень використовують для інтенсифікації згорання горючих газів, а також для спалювання металу при різноманітних способах термічного різання. Він широко розповсюджений у природі: у воді — 85 %, в твердих речовинах — 50 %, в повітрі — 23 %. Вступає у взаємодію майже зі всіма елементами. Більшість реакцій — екзотермічні, особливо з

вуглеводними продуктами та органічними речовинами. При контакті з киснем може відбуватись їх самовільне загорання або навіть вибуховий розпад, тому на приміщеннях, де зберігається кисень роблять надписи «Кисень-мастилонебезпечно».

Основні фізико-хімічні властивості кисню:

питома вага	$\gamma = 1,33 \text{ кг/м}^3$
критична температура	$T_{\text{кр}} = -118,8^\circ \text{ C}$
критичний тиск	$P_{\text{кр}} = 5,135 \text{ МПа}$
температура скраплення	$T_{\text{скр}} = -182,97^\circ \text{ C}$

Отримують кисень шляхом електролізу води, або методом ректифікації. Скраплений кисень потім газифікують на газифікаційних станціях і поставляють до споживача по трубопроводах або переважно в балонах. Повітря є сумішшю газів з різними температурами переходу в рідкий стан ($N_2 = -196^\circ \text{ C}$, $Ar = -185,9^\circ \text{ C}$). Останній є найбільш розповсюдженим. Для зрідження повітря використовують різноманітні холодильні цикли.

Сам процес отримання кисню здійснюється за схемою:

- очистка повітря від CO_2 , пилу, вологи (зв'язування CO_2 шляхом пропускання через розчин $NaOH$);
- стиснення повітря в компресорі до 20 МПа;
- охолодження повітря в теплообміннику;
- розширення повітря з метою охолодження і зрідження;
- випаровування і ректифікація рідкого повітря на складові.

Отриманий рідкий кисень зливається в цистерни звідки, після газифікації подається до робочих постів по трубопроводах або в балонах.

1.2 Конструкція і правила експлуатації кисневих балонів

Балони виготовляють із сталей безшовних суцільнотягнутих труб, шляхом обтискання горловини і дна, або методом розвальцювання.

Згідно ГОСТ 949-73 передбачається виготовлення балонів місткістю 0,4 – 55 л. Для кисню - переважно 40 л.

Виготовляють з вуглецевих і легированих сталей. Випускають

наступні типи балонів:

100 - для вуглекислого газу і ацетилену;

150, 150 л – для O_2 та інертних газів;

200, 200 л – для повітря, метану, водню.

Випробування балонів проводиться кожні 5 років. Воно включає:

– промивання, зовнішній та внутрішній огляд;

– визначення ваги та об'єму. (Втрата ваги $< 7,5 \%$, а збільшення місткості $< 1,5 \%$ – є допустимим, при втраті ваги $> 15 \%$ та збільшення об'єму $> 2,5 \%$ – балон бракується);

– гідравлічні випробування $P = 1,5 \cdot P_{\text{роб}}$.

При експлуатації балонів необхідно дотримуватись наступних правил безпеки:

- використовувати балони тільки за призначенням (не перефарбовувати, не міняти вентиля);
- встановлювати балони тільки у відведених для цього місцях в закріпленому стані;
- дотримуватись правил безпечного транспортування (в спеціально обладнаних пристроях і транспортних засобах);
- не допускати нагрівання балонів від сонячних променів, батарей опалення, відкритого вогню;
- не стукати по вентилях балонів при їх відкриванні;
- не допускати забруднення вентилів, редукторів і шлангів.

На горловині балону вибивають паспортні дані: товарний знак заводу-виробника; № балона; маса; дата виготовлення; рік наступного випробування; робочий тиск; пробний тиск; місткість балону; клеймо заводу-наповнювача, що проводив випробування.

Кисневі балони (рис. 1.1) є суцільнотягнутими, розраховані на робочий тиск 15 МПа і випробувальний тиск 22,5 МПа. Кисневий балон фарбують у блакитний колір з надписом на ньому «Кисень».

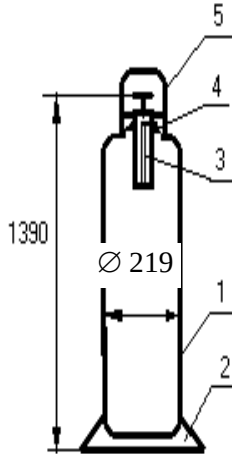
Газову ємність кисневого балона визначають через співвідношення:

$$V = K_1 V_0,$$

де K_1 – особливий коефіцієнт необхідний для обчислення кількості газу в балоні в звичайному стані. K_1 можна знайти в

спеціалізованій таблиці, відповідної ГОСТ 5583-78;

V_6 – максимальна ємність газового балона, л.



1 – корпус; 2 – башмак; 3 – вентиль; 4 – різьбове кільце; 5 – ковпак

Рисунок 1.1 – Схема будови кисневого балона

1.3 Горючі гази для газополуменевої обробки

Горючі гази для газополуменевої обробки – є основним джерелом теплової енергії.

Для цих цілей використовують як одномолекулярні гази так і газові суміші - натуральні і штучні: природний газ, міський газ, коксовий, піролізний та ін. ($t = 1600 - 2200^{\circ}\text{C}$), а також рідкі палива (гас і бензин). Із однокомпонентних газів часто використовують метан, ацетилен, пропан і бутан. Їх масова теплоємність відрізняється незначно, а об'ємна теплоємність найбільша у бутану (28000 Ккал/м^3). Однак найвищу температуру полум'я забезпечує ацетилен. Це обумовлено тим, що в його складі найбільший вміст вуглецю (92,3 %) і, як наслідок, в результаті його згорання виділяється тепло в середній зоні полум'я.

Ацетилен має низьку температуру спалахування ($400 - 450^{\circ}\text{C}$), в той час як у інших газів – $600 - 650^{\circ}\text{C}$ (у метана 350°C), і найбільшу

швидкість займання 13,7 м/с, (у метана 3,3 м/с, у пропана 4,5 м/с), тому полум'я концентроване та з високою температурою (3150 – 3250 °С). Температура полум'я при згоранні інших газів становить (°С):

CH_4 – 2000 – 2200;

C_3H_8 – 2600 – 2700;

C_4H_{10} – 2400– 2500.

Однак ацетилен – самий дорогий горючий газ, тому його доцільно використовувати для зварювання, металізації, напорошування та інших процесів, де потрібна висока температура. Для інших технологічних процесів: різання, паяння, рихтування доцільно використовувати гази-замінники ацетилену. Гази замінники ацетилену забезпечують температуру полум'я в межах 2100-2700° С. Враховуючи, що гази замінники є значно дешевшими у порівнянні з ацетиленом, їх використання є економічно доцільним.

Часом для зварювання і наплавлення використовують пропан, однак продуктивність процесу зварювання пропаном навіть деталей малої товщини істотно поступається продуктивності зварювання ацетиленовим полум'ям. Останнім часом для зварювання і наплавлення почали використовувати скраплені продукти переробки вуглеводів МАФ (метилацетилен-алілова фракція), при згоранні якої у суміші з киснем утворюється полум'я з температурою 2900 – 2930 °С. Це забезпечує більш високу продуктивність і якість процесу зварювання у порівнянні з пропаном. За цими показниками МАФ лише незначно поступається ацетилену.

Недоліком використання скраплених горючих газів (пропан, бутан, МАФ) є те, що вони є важчими за повітря. Це обумовлює необхідність облаштування в робочих приміщеннях вентиляції «від підлоги». Не можна їх використовувати для виконання робіт в підвальних і цокольних приміщеннях, а так при наявності у приміщенні приямків, каналізаційних люків та інших заглиблень, де можуть накопичуватись горючі гази.

Гас використовують тільки освітлювальний, очищений і профільований.

Пропан і бутан зберігають в скрапленому виді в зварних балонах червоного кольору ємністю 50 л.

Стиснені горючі гази зберігають в суцільно-тягнутих балонах типа 150 або 200 ємністю 40 л. Для живлення апаратури рідкими

паливами користуються спеціальними бачками ємністю 6 л, тиск в яких створюється за допомогою помпи.

Горючі гази до робочих постів поставляють по трубопроводах або в балонах.

Стиснені гази подають по трубопроводах і перевозять в балонах.

Скраплені гази перевозять в цистернах і балонах.

Пропан можна використовувати при $t > -25^{\circ}\text{C}$, пропан-бутан при $t > +8^{\circ}\text{C}$.

1.4 Ацетилен, його властивості та отримання

Ацетилен – є основним горючим газом для газополуменевої обробки.

Основні фізико-хімічні характеристики ацетилену:

Питома вага	$\gamma = 1,09 \text{ кг/м}^3$;
Критична температура	$T_{\text{кр}} = +35,9^{\circ}\text{C}$
Критичний тиск	$P_{\text{кр}} = 6,16 \text{ МПа}$
Температура скраплення	$T_{\text{скр}} = -81,8^{\circ}\text{C}$

Ацетилен – одна з небагатьох речовин, горіння і вибух якої можливі без доступу кисню. Температура самозаймання становить $550 - 600^{\circ}\text{C}$, яка істотно знижується при збільшенні тиску (при 2 МПа – температура самозаймання знижується до 350°C). При наявності каталізаторів (Fe-порошок, силікагель, Si-стружка) температура займання становить $240 - 250^{\circ}\text{C}$.

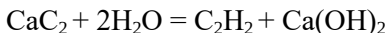
При взаємодії з міддю утворюється ацетилениста мідь, яка легко вибухає від удару, тертя, детонації.

Схильність ацетилену до вибухового розпаду залежить також від його чистоти, умов тепловідводу, форми і розміру посуду, в якому він зберігається.

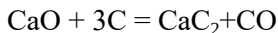
Вибуховий розпад відбувається при великих швидкостях нагріву ($100 - 500^{\circ}\text{C/c}$). При малих проходить полімеризація, яка йде з виділенням тепла. Після досягнення $t = 535^{\circ}\text{C}$ – полімеризація переходить у вибуховий розпад.

Домішки газів в ацетилені, що не вступають з ним в реакцію, зменшують його схильність до вибухового розпаду (N_2 , CO_2 , H_2). Однак їх наявність погіршує процес горіння C_2H_2 і знижує теплові

характеристики полум'я. Склад технічного ацетилену регламентується згідно ГОСТу 5457-75. Отримують технічний ацетилен з карбіду кальцію при його взаємодії з водою:



Технічний карбід кальцію – тверде тіло, темносірого або коричневого кольору з питомою вагою 2,2 – 2,5 г/см³. Отримують в електродугових печах при сплавленні вугілля з коксом або антрацитом:



Склад технічного карбіду: 72 – 75 % CaC_2 , 17 – 18 % CaO , по 0,5 – 2 % C , MnO , FeO , Al_2O_3 .

Теоретичний вихід ацетилену з 1 кг чистого CaC_2 складає 0,37 м³. Фактичний вихід ацетилену з 1 кг технічного CaC_2 складає 0,23 – 0,27 м³ через наявність домішок і неповного розкладу карбіду.

Процес розкладу йде нерівномірно: спочатку бурхливо, а потім його швидкість зменшується через замулювання кусків карбіду. Легше замулюються великі куски завдяки малій площі поверхні. Однак застосовувати дрібні куски не можна через велику швидкість їх розкладання. Більшість генераторів працює на кусках великої грануляції (25/80 мм).

Допустимий вміст кусків інших розмірів в карбіді кальцію грануляції 25/80 складає < 2мм – 2 %, 2 – 25 – 5 %, > 80 мм – 10 %.

В стаціонарних генераторах використовують карбід грануляції 15/25 і 8/15. Зберігають карбід кальцію в герметичних барабанах з покрівельного заліза місткістю 50 і 130 кг, в спеціальних провітрюваних приміщеннях.

Відкривати барабани потрібно латунним інструментом в рукавицях і захисних окулярах.

1.5 Зберігання і транспортування ацетилену і горючих газів

Ацетилен зберігають в розчиненому стані в ацетоні. В 1 л ацетону розчинюється 22 л C_2H_2 при нормальних умовах. Розчинність

ацетилену в ацетоні підвищується із збільшенням тиску і зниженням температури.

Для зменшення схильності до вибухового розпаду ацетилену, корпус балона заповнюється пористою масою. Вона прискорює також процеси наповнення і спорожнення балонів, збільшує його газову місткість. Пориста маса має бути хімічно інертною по відношенню до ацетилену і ацетону, міцною та легкою. Пориста маса БАВ (березове активоване вугілля) має грануляцію 1 – 3,5 мм, насипну вагу 300 – 310 г/л і пористість 80 %.

Заповнюють балони від генератора з таким розрахунком, щоб тиск при 20 °С був 1,6 МПа (при 0 °С – 0,9 МПа).

При підвищенні температури тиск в балоні збільшується, бо розчинність газу зменшується. Збільшується також об'єм ацетону. Щоб не відбувалося руйнування балону, в ньому передбачена газова подушка, об'єм якої становить 6 – 10 % від об'єму балона. Заповнення балону закінчується при досягненні тиску 2,2 – 2,5 МПа.

Кількість ацетилену в балоні визначається зважуванням до і після заповнення. Можна вважати, що в балоні вміщується 0,1 – 0,11 м³ ацетилену на кожний літр водяної ємності.

Обсяг ацетилену в балоні можна розрахувати за формулою

$$V_a = 0,07 E 0,1 P,$$

де 0,07 - спеціалізований коефіцієнт враховує розчинність газу у воді;

E - водяний об'єм балона, л;

P - робочий тиск в балоні, P = 1,9 МПа, згідно ГОСТ 5457-75.

Ацетон в балоні безводний. Наявність води зменшує газову місткість балону.

Відбір газу можна вести зі швидкістю < 1700 л/год.

Ацетиленові балони – безшовні типу 100, білого кольору. Випробування балонів проводиться кожні 5 років, перевірка пористої маси – кожні 2 роки.

Для газів – замінників використовують наступні балони:

для водню – тип 150 (темнозелений);

для метану та стиснених горючих газів – тип 150, 200.

Скраплені гази (пропан, бутан, МАФ) зберігаються в зварних тонкостінних балонах червоного кольору.

2 ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГАЗОЗВАРЮВАЛЬНИХ ПОСТІВ

2.1 Ацетиленові генератори

Ацетиленовими генераторами називаються апарати для отримання ацетилену шляхом розкладання карбіду кальцію водою.

Генератори класифікуються наступним чином:

- за способом застосування на пересувні і стаціонарні. Пересувні мають продуктивність 0,5 – 3 м³/год, стаціонарні 5 – 160 м³/год;

- в залежності від тиску отриманого газу – на генератори низького тиску (до 0,01 МПа) та генератори середнього тиску (0,01 – 0,15 МПа);

- в залежності від способу регулювання взаємодії карбіду кальцію з водою – на генератори з кількісним регулюванням реагуючих речовин і регулюванням тривалості контакту з водою.

В генераторах із кількісним регулюванням застосовують спосіб дозування одного з компонентів – карбіду кальцію, або води.

В системі «Карбід в воду» – дозується подача карбіду кальцію.

В системі «Вода на карбід» – дозується подача води.

Також може застосовуватись комбінована система генераторів, коли дозуються обидва компоненти.

В генераторах з регулюванням тривалості взаємодії карбіду кальцію і води кількість отриманого в одиницю часу ацетилену визначається зміною тривалості контакту карбіду кальцію і води, або кількістю карбіду кальцію, що змочується водою на протязі певного проміжку часу.

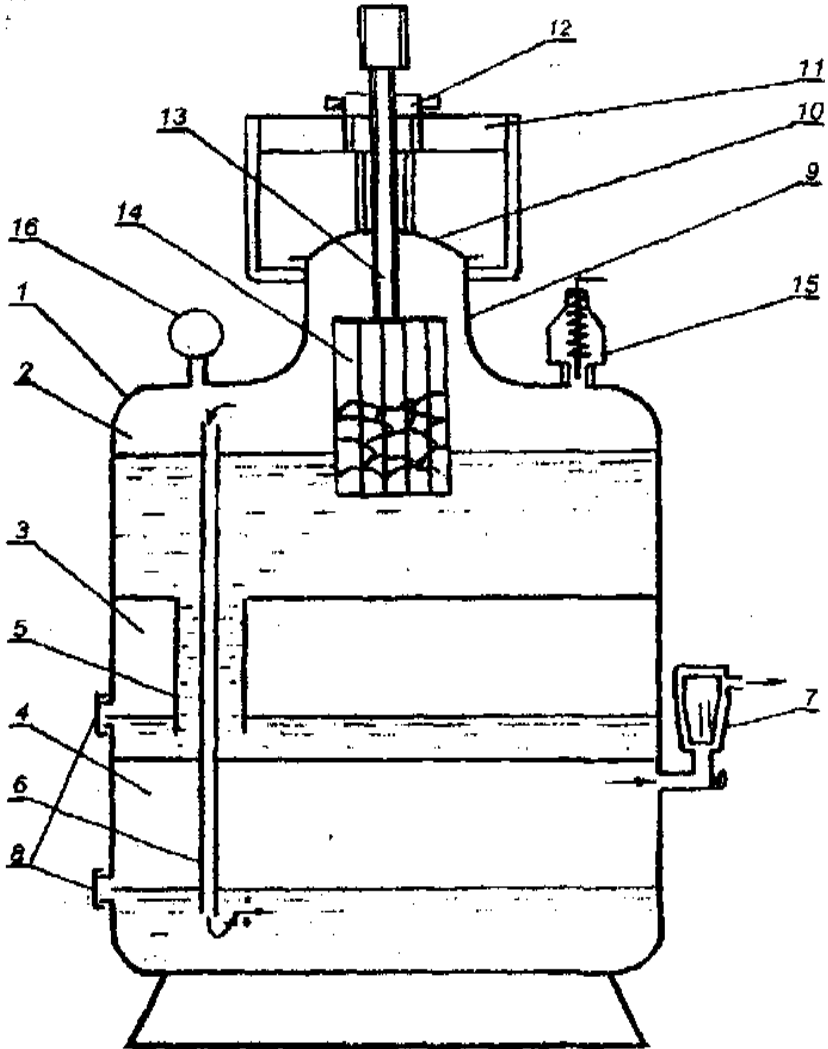
Якщо рухомим компонентом є карбід кальцію, то такий варіант контактної системи називається «система занурення», а якщо рухомим компонентом є вода, то це буде «система витиснення води». Можливе комбіноване використання цих систем.

Контактна система найбільш часто тепер використовується, в пересувних генераторах, таких як АСМ-1,25, АСП-10 та ін. Найбільш розповсюдженим є генератор середнього тиску АСП -10.

Він має корпус 1 (рис. 2.1), розділений перегородками, газозварювач 2, витиснювач 3 і промивач (газозбірник) 4.

У верхній частині корпусу розташована реторта, через

горловину якої в корпус заливають воду і опускають корзину з карбідом.



1 – корпус; 2 – газоутворювач; 3 – витиснювач; 4 – промивач; 5 – патрубок переливний; 6 – трубка; 7 – сухий затвор; 8 – пробки зливу; 9 – горловина; 10 – кришка; 11 – траверса; 12 – гвинт; 13 – шток; 14 – корзина; 15 – запобіжний клапан; 16 – манометр.

Рисунок 2.1 – Схема ацетиленового генератора АСП-10

В газоутворювачі протікає реакція між карбідом і водою і утворюється ацетилен. При підвищенні тиску ацетилену, вода із газоутворювача через переливний патрубок 5 витиснюється у витиснювач 3, стискаючи наявне там повітря. При цьому ацетилен із реакційного простору через трубку 6 проходить упромивач і через сухий затвор 7 іде до споживача. При підвищеному тиску ацетилену і витисненню води із реакційного простору відбувається зменшення інтенсивності реакції і кількості утворюваного газу.

При відборі газу і зменшенні його тиску в реакційному просторі, вода із витиснювача 3 під дією стисненого там повітря повертається в газоутворювач 2. Її рівень в газоутворювачі підвищується і змочує більше карбиду, в результаті чого збільшується кількість і тиск ацетилену. Цей процес регулюється автоматично в залежності від кількості спожитого газу.

У промивачі та витиснювачі є зливні пробки 8 для злива води при розрядці генератора. Горловина реторти 9 герметично закривається кришкою 10 за допомогою траверси 11 і упорного гвинта 12. Корзина с карбідом підвішена на рухомому штоці, що дозволяє регулювати глибину її першопочаткового занурення у воду, а відповідно і інтенсивність вироблення ацетилену.

Генератор АСП-10, як і всі генератори середнього тиску, комплектується запобіжним клапаном і манометром, або вказівником тиску поплавкового типу. Максимально допустимий тиск ацетилену в корпусі генератора становить $0,15 \pm 0,03$ МПа ($1,5 \pm 0,3$ кгс/см²), а номінальна продуктивність – 1,5 м³/год.

2.2 Запобіжні затвори

Запобіжні затвори призначенні для захисту ацетиленових генераторів і трубопроводів горючих газів від проникнення в них полум'я при зворотному ударі, а також кисню з пальника чи різака і повітря з атмосфери.

Зворотнім ударом полум'я називається проникнення полум'я в середину пальника і поширення його назустріч потоку горючої суміші. Це відбувається, коли швидкість займання (поширення фронту полум'я) перевищує швидкість витікання горючої суміші.

Сприяють виникненню зворотного удару наступні фактори:

- неправильне маніпулювання пальником;
- засмічення сопла;
- перегрівання пальника.

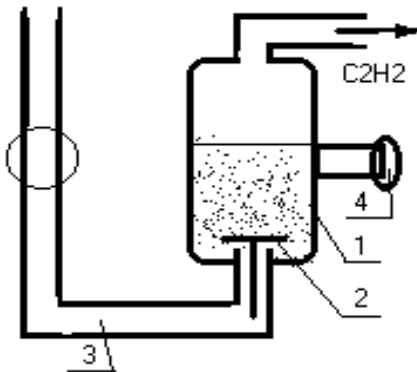
Затвори бувають:

- водяні та сухі;
- низького та середнього тиску.

Переважаючо використовуються затвори (як і генератори) середнього тиску (рис. 2.2).

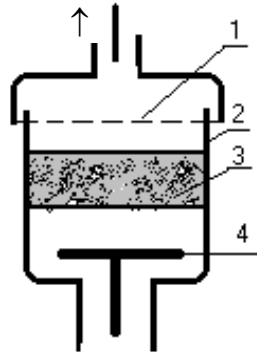
Затвори середнього тиску розраховані на тиск $P_c = [(1 + P_p) \cdot 13] \text{ МПа}$.

Сухі затвори бувають мембранного типу і з патронами з пористої кераміки (рис. 2.3).



1 – корпус; 2 – клапан; 3 – патрубок подачі ацетилену; 4 – контрольний кран

Рисунок 2.2 – Схема водяного затвору середнього тиску



1 – розтинач; 2 – корпус; 3 – пориста кераміка; 4 – зворотний клапан.

Рисунок 2.3 – Схема конструкції сухого затвору

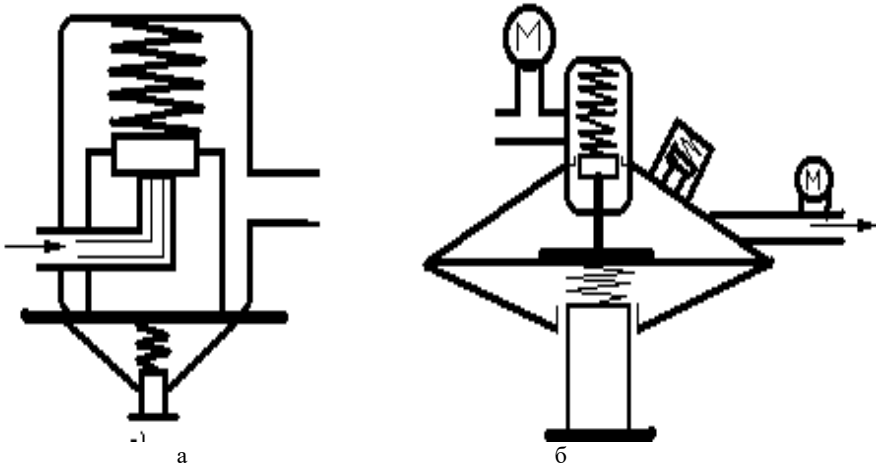
Випускаються затвори ЗСА-1 – для ацетилену і ЗСЗ-1 – для замінників ацетилену.

2.3 Редуктори

Редуктори призначені для зниження тиску газу і підтримання тиску постійним в процесі роботи.

Редуктори класифікуються за наступними ознаками:

- в залежності від типу редукованого газу – кисневі, ацетиленові, пропанові та інші;
- в залежності від пропускної здатності – балонні, постові, центральні, (рампові);
- за принципом дії (рис. 2.4) – прямої та зворотної дії;
- в залежності від кількості камер редуціювання – однокамерні та двокамерні;
- в залежності від тиску газу перед редуктором – високого (15 МПа) і середнього (1,5 – 3 МПа) тиску.



а) – редуктор прямої дії; б) – редуктор зворотної дії.

Рисунок 2.4 – Схеми редукторів

Редуктори для різноманітних газів відрізняються між собою робочими характеристиками, розмірами приєднувальних деталей та кольором.

Всі редуктори, за винятком ацетиленових, приєднуються до балонів накидними гайками:

- для кисню і всіх негорючих газів – з правою різьбою;
- для горючих газів – з лівою різьбою.

Ацетиленові редуктори кріпляться накидним хомутом з упорним гвинтом. Різноманітні способи кріплення редукторів і їх фарбування виключають можливість застосування апаратури не за призначенням.

Рампові редуктори відрізняються від балонних більшою перепускною здатністю і розмірами.

Редуктором зворотної дії називається такий, у якого поступаючий з балона газ діє «на клапан», намагаючись його закрити. В редукторі прямої дії газ діє «під клапан» і відкриває його.

Принцип роботи редуктора визначає його характеристику:

- у редукторів прямої дії – вона падаюча;
- зворотної дії – зростаюча.

По мірі зменшення тиску в балоні робочий тиск збільшується. Переважно використовуються редуктори зворотної дії.

Основними робочими характеристиками редукторів є робочий тиск і перепускна здатність, перепад тиску, межа і чутливість редуціювання.

Робочий тиск і перепускну здатність редуктора підбирають в залежності від технологічної потреби. Вони визначаються конструктивними розмірами елементів редуруючої системи редукторів.

Перепад тиску показує відносну величину підвищення робочого тиску редуктора при припиненні витрати газу через нього.

$$\Delta P = \frac{P_2' - P_2}{P_2}$$

де P_2 – тиск на виході з редуктора при відборі газу,

P_2' – тиск на виході з редуктора після припинення відбирання газу.

Для балонних редукторів $\Delta P = 10 - 30 \%$.

У редукторів зворотної дії він менше, ніж у прямої дії. Чим більше відношення площі мембрани до площі клапану, тим менший перепад.

Межа редуціювання $P_{м.р}$ – це мінімальний тиск на вході в редуктор, при досягненні якого робочий тиск $P_{роб}$ на виході з редуктора починає швидко падати і подальший підйом клапану не

може компенсувати це падіння.

$$P_{м.р} = 2 - 2,5 P_{роб}$$

Чутливість регулювання характеризує величину зміни тиску газу при повороті регулюючого гвинта на 90°. Для кисневих вона складає 0,05 – 0,15 МПа. Для ацетиленових – 0,02 – 0,05 МПа.

Основні типи одноступеневих редукторів:

- БКО-50 – для кисню ($P_1/P_2 = 250/15 \text{ V} < 60$);
- БАО-5 – для ацетилену ($30/1,2 \text{ V} < 5$);
- БПО-5 – для пропану ($25/3 \text{ V} < 5$).

Двоступеневі:

- ДКД 5-65 – для кисню ($200/15 \text{ V} < 60$);
- ДАД 1-65 – для ацетилену ($30/1,2 \text{ V} < 5$)

Основні неполадки редукторів:

- негерметичність;
- самоплив редуктора;
- загорання;
- замерзання редуктора.

2.4 Перепускні рампи

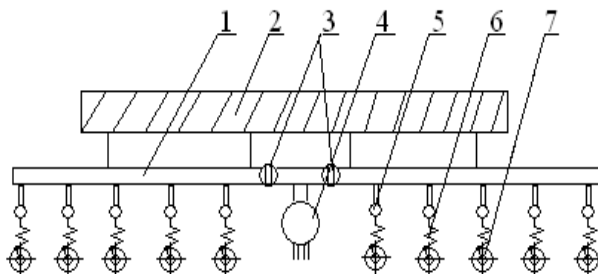
При наявності в цеху декількох постів для газополуменевої обробки їх централізоване живлення киснем і горючим газом здійснюється від батареї балонів, з'єднаних між собою за допомогою перепускної рампи. Перепускні рампи використовують і для живлення одного поста, якщо він споживає велику кількість газу, що перевищує допустиму інтенсивність відбору з одного балону. Така потреба виникає при кисневому різанні великих товщин, наплавленні пальниками з великими розмірами накінецьників (№ 8, № 9), напиленні та ін.

Перепускні рампи встановлюють в окремому приміщенні, розташованому поза цехом, або в межах цеху. Рампа має дві колекторні труби 1 (рис. 2.5), закріплені на стіні 2 приміщення. На виході із колекторних труб встановлені загальні запірні вентиля 3 і рамповий редуктор 4. На кожній колекторній трубі є від 5 до 10

ніпелів із вентилями 5, до яких за допомогою гнучких трубок 6 приєднуються балони 7.

В кисневих рампах колекторні труби і приєднувальні трубки для балонів виготовлені із міді. В ацетиленових рампах колекторні труби сталеві, а для приєднання балонів використовують гумово-тканеві шланги. Рампи випускають на різну кількість балонів (від 2х5 до 2х12 балонів).

В процесі роботи газ відбирають із секції балонів, приєднаних до одної колекторної труби. Коли газ в цій секції закінчується, переключаються на відбір газу з другої секції, а в цей час в попередній секції замінюють порожні балони на повні. Це дає можливість забезпечувати безперервну подачу газу споживачам в потрібних об'ємах.



1 – колекторна труба; 2 – стіна приміщення; 3 – запірні вентиля лівої та правої колекторної труби; 4 – рамповий редуктор; 5 – рампові перепускні вентиля; 6 – гнучкі трубки для приєднання балонів; 7 – балони.

Рисунок 2.5 – Схема конструкції перепускної газової рампи

2.5 Газові шланги

Шлангами називають гумово-тканеві гнучкі трубки, призначені для подачі газу до робочої апаратури. Вони мають тришарову конструкцію: внутрішній і зовнішній шар виконаний із вулканізованої гуми, а між ними розташований тканевий прошарок для надання необхідної міцності. Випускають шланги трьох типів. Перший – для ацетилену і стиснених горючих газів, розраховані на максимальний робочий тиск до 0,6 МПа. Другий – для бензину, гасу і скраплених газів. Вони мають внутрішній шар із бензостійкої гуми і також

розрахований на тиск до 0,6 МПа. Третій тип – кисневі шланги, розраховані на робочий тиск до 1,5 МПа. Шланги використовують з внутрішнім діаметром 6,9,12 і 16 мм. Зовнішній шар шлангів для стиснених горючих газів – червоний, для скраплених – жовтий, для кисню – синій. Випускають також нефарбовані (чорні) шланги з морозостійкої гуми, які можна використовувати при температурі до мінус 65° С. Кінці шлангів закріплюються на штуцерах апаратури за допомогою хомутів.

2.6 Пальники для газового зварювання

Для процесів, пов'язаних з нагріванням матеріалів до високої температури, паяння і зварювання використовують в якості технологічної апаратури пальники, основними вузлами яких є пристрій для змішування кисню і горючого газу в потрібному співвідношенні, а також для регулювання складу горючої суміші.

Тому призначення пальника полягає в забезпеченні регульованого складу горючої суміші, в формуванні і підтриманні стійкого горіння полум'я.

Пальники класифікуються за такими ознаками:

- за принципом дії – інжекторні і безінжекторні;
- за способом застосування – ручні і машинні;
- за типом горючого газу – ацетиленові, пропанові;
- за кількістю факелів полум'я – однофакельні та багатофакельні.

Більш універсальними є інжекторні паяльники, бо можуть працювати при різноманітних тисках ацетилену. Однак вони мають недолік – деяка нестабільність в роботі через зміну складу горючої суміші.

На склад горючої суміші при роботі інжекторного пальника впливають:

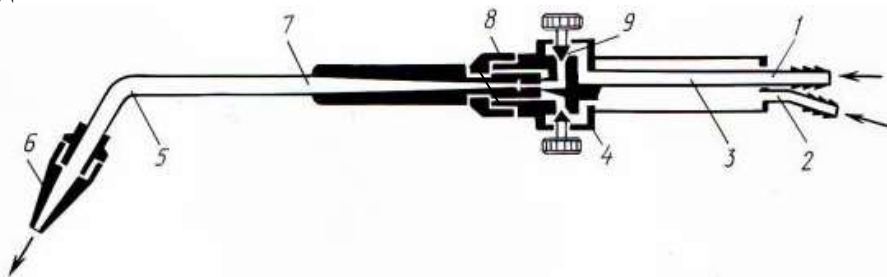
- нагрівання накінецьника;
- засмічення мундштука;
- коливання тиску газів.

Однак незважаючи на зазначені недоліки, переважно використовують інжекторні пальники, завдяки можливості

застосовування для їх роботи газів з різною величиною тиску.

Інжекторний пальник складається з рукоятки і накієчника. В рукоятці розташований (рис. 2.6) кисневий патрубок 1 із запірним вентилям 9, на виході із якого розміщений інжектор 8. Подача горючого газу здійснюється через патрубок 2 і запірний вентиль 4. Кисень по кисневому каналу 3, виходячи з великою швидкістю через центральний канал інжектора, створює розрідження у змішувальній камері накієчника 7, підсмоктуючи туди горючий газ, в результаті чого утворюється горюча суміш, яка виходить через мундштук 6 накієчника 5.

При підпалюванні горючої суміші утворюється факел полум'я. Характер полум'я і його потужність в невеликих межах регулюють за допомогою вентилів.



1 – кисневий патрубок; 2 – патрубок горючого газу; 3 – кисневий канал; 4 – вентиль горючого газу; 5 – накієчник; 6 – мундштук; 7 – змішувальна камера; 8 – інжектор; 9 – запірний кисневий вентиль.

Рисунок 2.6 – Схема конструкції інжекторного пальника

Основним способом регулювання потужності полум'я є зміна накієчника. При роботі на газах-замінниках ацетилену через їх малу швидкість займання полум'я має розмите ядро і великий факел. Це створює труднощі при застосуванні таких газів для зварювання. В пальниках для роботи на газах-замінниках передбаченні підігрівачі для підігріву горючої суміші до 300 – 350° С, що збільшує швидкість її спалахування і дає можливість отримати окреслене ядро та короткий факел. На це витрачається 7 – 10 % кількості горючої суміші.

Пальники з підігрівом (рис. 2.7) стійкі в роботі і забезпечують в 1,2 – 1,5 рази більшу швидкість зварювання.

Усі пальники, що працюють на газах-замінниках, мають більший переріз прохідних отворів у порівнянні з пальниками, що працюють на ацетилені.

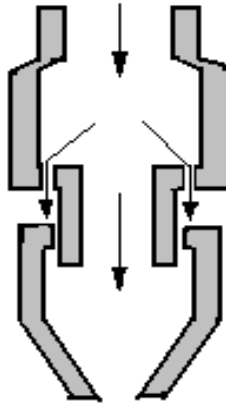


Рисунок 2.7 – Схема мундштука з підігрівом

Для газового зварювання застосовуються інжекторні пальники:

- Г2 з наконечниками № 0 – 3 для зварювання товщин $\delta = 0,5 - 7$ мм;
- Г2-02 з наконечниками № 1 – 2, 3 – 4;
- Г3 з наконечниками № 3, 4, 6 для зварювання товщин $\delta = 3 - 16$ мм;
- Г3-02 з наконечниками № 3 – 4, 5 – 6;
- Г4 – для нагрівання і зварювання масивних деталей з наконечниками № 8, 9.

В останньому пальнику інжектор розташований біля мундштука, що підвищує його стійкість в роботі. Пальник може працювати на пропані і метані.

Для роботи на газах-замінниках випускаються пальники ГЗУ-3 і ГЗМ-3, виготовлені на базі Г-3 і Г-2, які мають підігрівачі. Призначенні для зварювання кольорових металів і сталей товщиною $\delta \leq 6$ мм.

3 ЗАГАЛЬНА ТЕХНОЛОГІЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ

3.1 Будова газозварювального полум'я та його склад

Процес згорання вуглеводів протікає в три стадії:

1 – $C_2H_2 + O_2 = 2C + H_2 + O_2$ – підготовка до згорання в ядрі;

2 – $2C + O_2 = 2CO + Q$ – в середній зоні;

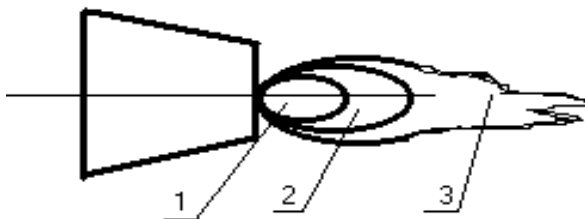
3 – $2CO + O_2 = 2CO_2 + Q_2$;

$H_2 + 1/2O_2 = H_2O + Q_3$ – в факелі за рахунок кисню повітря.

При співвідношенні $C_2H_2 + O_2 = 1:1$ у середній зоні полум'я є CO , H_2 , H , тобто атмосфера відновлювального характеру, яка утворюється продуктами повного розкладу ацетилену. Таке полум'я вважається нормальним. Воно утворюється практично при $\beta = V_{O_2}/V_{C_2H_2} = 1,05 - 1,15$.

Якщо $\beta > 1,2$, то в середній зоні присутні продукти догорання CO_2 і H_2O , а можливо і чистий кисень. Полум'я – окислювальне.

Якщо $\beta < 1,0$, то в середній зоні з'являється вільний вуглець. Полум'я – відновлювальне (науглецювуче) (рис. 3.1).



1 – ядро; 2 – середня зона; 3 – факел.

Рисунок 3.1 – Схема зварювального полум'я

Характер полум'я налаштовують по зовнішньому вигляду.

В результаті взаємодії атмосфери газового полум'я (особливо його периферійних зон) з поверхнею нагрітого металу відбувається окиснення зварювальної ванни, а також насичення її воднем. При зварюванні відновлювальним полум'ям має місце науглецювання

зварювальної ванни. Це спричиняє утворення пор, шлакових включень і зниження механічних властивостей зварних з'єднань.

3.2 Флюси для газового зварювання

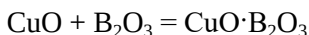
Флюси при газовому зварюванні призначені для захисту зварювальної ванни і остигаючого шва від окислення, а також розкислення зварювальної ванни.

Вимоги до флюсів:

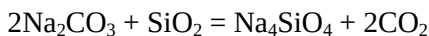
- повинні бути більш легкоплавкими ніж основний і присадний метал;
- розплавлений флюс повинен добре розтікатись по поверхні металу, змочувати її та захищати;
- розплавлений флюс має бути активним, швидко реагувати з окислами;
- не створювати шкідливої дії на метал.

Шлак повинен легко відділятися після остигання. Для розрідження шлаку і поліпшення розчинності тугоплавких окисів, у флюси вводять хлористі і фтористі солі – NaCl, NaF, KF, CaF₂.

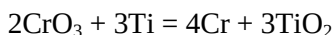
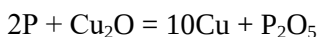
Для зв'язування основних окисів в комплексні з'єднання у флюси вводять кислий окис B₂O₃ у вигляді бури Na₂B₄O₇ · 10H₂O, чи борної кислоти H₃BO₃:



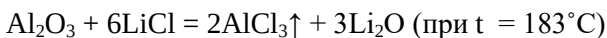
Для зв'язування кислих окисів у флюси вводять основні окиси Na₂O і K₂O у вигляді вуглекислих солей:



Для відновлення окисів вводять різні відновлювачі: Si, Mn, Ti, P.



Флюси для зварювання алюмінію складаються на основі хлористих солей, бо хлориди легко руйнують Al_2O_3 :



Флюси для зварювання міді базуються на основі бури і борної кислоти.

При зварюванні чавуну – бури і вуглекислих солей натрію.

Для нержавіючих сталей – на базі фтористих солей і розкислювачів.

3.3 Техніка газового зварювання металів

Ефективність виконання процесу газового зварювання та якість зварних з'єднань визначаються з однієї сторони вибраними параметрами режиму (потужність полум'я), з іншої – технікою виконання процесу зварювання, яка характеризується розташуванням пальника і присадного прутка по відношенню до зварюваної деталі, а також характером переміщення пальника і прутка.

Застосування певної техніки зварювання дозволяє керувати введенням тепла в деталі, проплавляти зварювані кромки та розплавляти присадний метал, впливати на переміщення розплавленого металу в зварювальній ванні.

При газовому зварюванні факел полум'я направляють під кутом до поверхні, яку нагрівають до $T_{\text{пл}}$ і в розплавлену ванну подають присадний прутки. Інтенсивність теплового потоку та характер гідродинамічного напору полум'я на поверхню розплавленого металу залежить від кута (α) нахилу полум'я по відношенню до поверхні деталі.

Із збільшенням кута нахилу (α) глибина проплавлення збільшується, тому велике значення кута α використовують при зварюванні товстого металу. При малих значеннях кута нахилу полум'я ніби ковзає по поверхні деталі і менше її проплавляє.

При зварюванні легких металів (Al, Mg) кут невеликий, щоб не видувати розплавлений метал ванни ($\alpha = 10 - 20^\circ$). Малі кути нахилу використовуються при зварюванні сталей малої товщини. При

зварюванні середніх і великих товщин сталей кут нахилу складає відповідно $30 - 40^\circ$ і $60 - 80^\circ$.

В процесі заварювання шва кут нахилу може мінятися, спочатку великий, потім зменшується.

Важливим фактором, що впливає на ефективність процесу зварювання є спосіб розташування полум'я та присадного матеріалу по відношенню до напрямку зварювання.

Існують два способи зварювання: лівий і правий (рис 3.2).

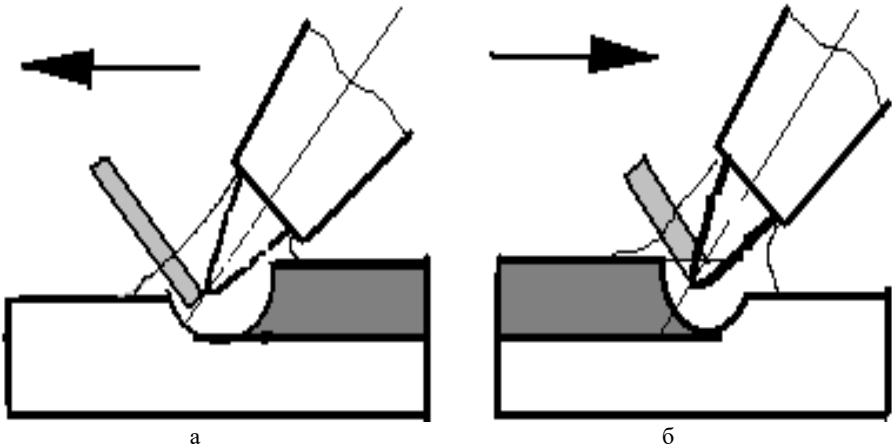


Рисунок 3.2 – Схема виконання процесу зварювання лівим (а) і правим (б) способами

Лівий спосіб більш придатний для зварювання деталей без розробки кромки, тобто малої товщини ($\delta < 4$ мм). В цьому випадку забезпечується більша швидкість зварювання. Правий спосіб більш ефективний при зварюванні товстих деталей з розробкою кромки.

Техніка зварювання залежить від товщини і властивостей зварюваного матеріалу, розташування шва в просторі, форми підготовки кромки.

При виконанні стикового шва з відборткуванням кромки, застосовують прямолінійне переміщення пальника лівим способом без коливань. Для малих товщин без розробки кромки застосовують поперечні коливання пальником. При цьому присадку коливають в профазі.

При правому способі зварювання товщин $\delta > 6$ мм коливання пальника і присадки здійснюють синхронно, тобто вони підводяться

до однієї кромки одночасно.

Техніка виконання вертикальних, горизонтальних і стельових швів, передбачає таке розташування пальника, яке запобігало би стіканню зварювальної ванни.

Однак найбільш істотно впливають на якість з'єднань та ефективність процесу зварювання параметри режиму: потужність полум'я, швидкість зварювання і діаметр присадки.

Потужність полум'я визначається кількістю спалюваного за одиницю часу горючого газу (дм³/год, л/год):

$$V_a = k \cdot \delta,$$

де δ – товщина, мм;

k – коефіцієнт пропорційності (для сталей 100 – 150 л/год мм, для міді $k = 175 - 225$ л/год мм).

Середня швидкість зварювання (м/год):

$$W = A / \delta,$$

де A – коефіцієнт, що залежить від властивостей зварюваного матеріалу (для сталі $A = 12 - 15$, для міді $A = 9 - 11$).

Діаметр присадного прутка $d = \delta/2 \div \delta$ і залежить від способу підготовки кромок і розташування зварних швів.

3.4 Типи зварних з'єднань і підготовка металу до зварювання

Основними типами з'єднань при газовому зварюванні є стикові, кутові та торцеві (рис. 3.3). Таврові та внапуск застосовувати небажано через жолоблення (короблення) деталей.

До зварювання метал слід зачистити та знемастити. Перед зварюванням деталі збираються і кріпляться, а при необхідності, їх прихвачують.

Прихвачування тонких деталей проводиться через 30 – 50 мм, товстих – через 150 – 200 мм.

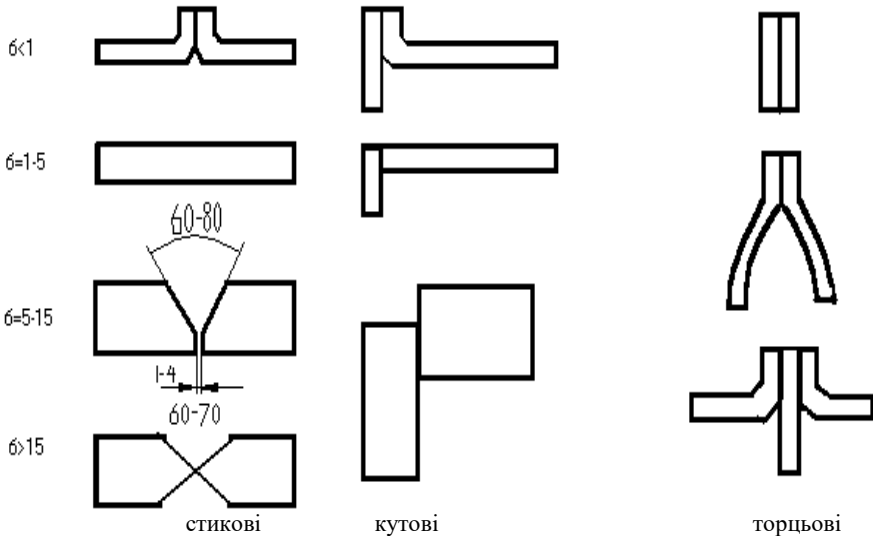


Рисунок 3.3 – Основні типи зварних з'єднань для газового зварювання

4 ТЕХНОЛОГІЯ ГАЗОВОГО ЗВАРЮВАННЯ МЕТАЛІВ

4.1 Зварювання сталей

Найбільш широке застосування газове зварювання знайшло при виготовленні конструкцій з маловуглецевих сталей.

Маловуглецеві сталі добре зварюються газовим зварюванням з застосуванням нормального полум'я. Застосування флюсів при цьому не є необхідним, бо навіть при утворенні деякої кількості FeO (розчиняється в металі до 0,9 % FeO) пластичність зварних швів є висока.

Потужність полум'я становить $V_a = 100 - 130$ л/год · мм для лівого способу зварювання, $V_a = 130 - 150$ л/год · мм – для правого.

Присадний дріт Св-08А, Св-10ГА, Св-10Г2, Св-08ГС.

Діаметр присадки $d_{пр} = \delta/2 + 1$ – для лівого способу, $d_{пр} = \delta/2$ – для правого (< 6 мм).

Термообробка зварних з'єднань не проводиться.

Середньовуглецеві сталі ($C = 0,3 - 0,6 \%$) більш схильні до загартування, ніж маловуглецеві. Тому зварювання товщин $\delta > 4$ мм ведуть з попереднім підігрівом – загальним до $t = 200 - 300^\circ \text{C}$, місцевим до $t = 600 - 650^\circ \text{C}$. Полум'я нормальне, зниженої потужності: $V_a = 75 - 100$ л/год мм.

При зварюванні використовують присадний дріт Св-08ГС, Св-10Г2, Св-12ГС для зменшення схильності до утворення пористості і підвищення механічних характеристик.

Доцільно застосовувати флюси на основі борної кислоти і вуглекислого натрію. Структуру зварних з'єднань можна поліпшити відпуском при $T = 650 - 700^\circ \text{C}$.

Аналогічно зварюють і високовуглецеві сталі. Відпуск при температурі $650 - 700^\circ \text{C}$ є обов'язковим.

Низьколеговані конструкційні сталі (15ХСНД, 10ХСНД) відзначаються доброю зварюваністю. Їх зварюють подібно маловуглецевим сталям без флюсу з застосуванням маловуглецевих присадних дрітів. Потужність полум'я знижена ($75 - 130$ л/год·мм). З метою поліпшення механічних властивостей наплавленого металу, проводять проковку зварних швів при $T = 800 - 850^\circ \text{C}$ з наступною нормалізацією металу швів пальником і охолодженням їх на повітрі.

Низьколеговані теплостійкі сталі (15ХМ, 20ХМ) зварюються значно гірше. Необхідна старанна підготовка. Полум'я нормальне, зниженої потужності. При $\delta > 16$ мм потрібний попередній підігрів.

Зварювання проводять короткими швами невеликого перерізу. При переривах в процесі зварювання для поновлення процесу необхідний підігрів попередньої ділянки до $t = 250^\circ \text{C}$. Присадний дріт аналогічний за складом основному металу.

Схильні до загартування низко і середньолеговані сталі (25ХГСА, 30ХГСА, та ін.) зварюють з застосуванням попереднього і супутнього підігріву до $t = 300 - 350^\circ \text{C}$. Полум'я – нормальне, потужність зниження ($70 - 90$ л/год мм). Дріт близький за складом до основного металу (Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА). Флюси – на основі бури, борної кислоти, фтористих з'єднань і розкислювачів. Після зварювання проводять відпуск конструкцій.

При зварюванні високолегованих сталей зустрічаються наступні труднощі:

- забезпечення потрібного хімічного складу металу шва та його експлуатаційних характеристик;

- утворення тугоплавких окисних плівок, що затрудняють процеси сплавлення, спричиняють утворення неметалевих включень, що погіршують механічні властивості швів;

- значні деформації та напруження.

Зварювання проводять нормальним полум'ям, зниженої потужності ($V_a = 70 - 150$ л/год мм). Характер полум'я – дещо відновлювальний. Застосовують флюси на основі бури, фтористих солей, борної кислоти та розкислювачів.

Дріт аналогічний за складом основному металу, або аустенітний типу Св-07Х25Н13. При зварюванні сталей мартенситного, ферито-мартенситного та аустенітно-мартенситного класів необхідний попередній і супутній підігрів до $T = 250 - 300$ °С.

Після зварювання необхідна термічна обробка – відпуск при $t = 650 - 750$ °С, або повна термічна обробка – загартування та відпуск.

Для аустенітних сталей проводиться аустенізація (нагрів до $t = 1050$ °С – і швидке охолодження). При газовому зварюванні феритних сталей сильно зростає зерно та знижується пластичність, тому вони газовим зварюванням не зварюються.

4.2 Зварювання чавуну

Чавуни бувають білі, сірі, ковкі, модифіковані (високоміцні). Найбільш часто зварюють сірі чавуни.

При їх зварюванні виникають наступні труднощі:

- низька пластичність і технологічність через відбіл, утворення високовуглецевого мартенситу, що призводить до утворення тріщин;

- багато вуглецю і вузький інтервал кристалізації призводять до утворення великої кількості пор;

- значний вміст Si сприяє утворенню тугоплавких окислів SiO_2 ;

- низька $T_{\text{пл}}$ і велика рідкотекучість обумовлює погане формування швів.

Перед зварюванням – старанна підготовка, очистка, розробка крайок, підформування. Полум'я – дещо відновлювальне ($\beta = 1,0$) і

нормальне ($V_a = 110 - 120$ л/год мм).

Присадка – чавунні прутки марки А (3 – 3,5 % С, 3 – 3,5 % Si) та Б (3 – 3,5 % С, 3,5 – 4 % Si), або НЧ1, НЧ2 (додатково вміщують 0,3 – 0,5 % Ni).

Підігрів – загальний (коли жорсткий контур), або місцевий. Низький підігрів здійснюють до $T = 350 - 400$ °С, високий використовують для відповідальних конструкцій з жорстким контуром (більш 600 °С).

В якості флюсу використовують буру і борну кислоту, або бура і вуглекислі солі. Після зварювання – повільне охолодження.

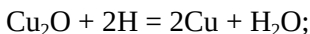
Зварювання модифікованих чавунів ведуть з підігрівом до 500 °С прутками з 0,1 % Mg.

Ковкий чавун зварюють прутками з низьким вмістом Si з утворенням білого чавуну, а потім проводиться томління за режимом як для ковкого чавуну.

4.3 Зварювання міді та її сплавів

При зварюванні міді виникають наступні труднощі:

- високий коефіцієнт теплопровідності спричиняє необхідність використання підвищеної потужності полум'я;
- висока хімічна активність при температурах близьких до температури плавлення викликає утворення евтектик, які знижують механічні властивості та визивають утворення тріщин, а також сприяють росту зерна;
- схильність до утворення водневих пористості і хвороби:



– значна рідкоплинність, що затрудняє формування швів у всіх положеннях, за винятком нижнього.

Зварюють мідь нормальним полум'ям високої потужності $V_a = 175 - 250$ л/год мм.

При зварюванні товщини > 8 мм використовують 2 або 3 пальника, з них один для зварювання, решту для підігріву. В якості присадки використовують мідь М1, бронзу Бр КМц 3-1, або

фосфористу мідь. Для зменшення розмірів зерна проводять проковку при $T < 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для тонкого металу) і $T > 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для товстого). Після зварювання проводять термообробку – нагрів до температури $550 - 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ і охолодження у воді.

Основною проблемою при зварюванні латуней є випаровування Zn. Для зменшення випаровування застосовують нагрівання низькотемпературною зоною полум'я, використовують окислювальне полум'я, кремністі присадки (ЛОК 59-1-03, ЛКБО 62-02-004-05).

Труднощами зварювання олов'яних бронз є випаровування олова і сильний ріст зерна при перегріванні, в результаті чого може відбутись руйнування конструкції.

Запобіжні міри: не перегрівати, підпирати висячі частини конструкції, застосовувати флюси. Після зварювання проводять відпал при температурі $650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На алюмінієвих бронзах утворюється тугоплавка плівка Al_2O_3 і гартувальні структури (холодні тріщини). При їх зварюванні використовують флюси на основі хлористих і фтористих з'єднань. Зварювання проводять з підігрівом. Після зварювання здійснюють відпуск для зменшення внутрішніх напружень і запобігання утворення холодних тріщин.

4.4 Зварювання алюмінію та його сплавів

Алюміній є розповсюдженим конструкційним матеріалом з температурою плавлення $658\text{ }^{\circ}\text{C}$ і теплопровідністю в 3 рази більшою ніж у сталі.

Окрім технічно чистого алюмінію для виготовлення зварних конструкцій використовують наступні сплави:

- де формувальні – АМц (2 % Mn), АМг (АМг-3, АМг-5);
- дисперсотвердіючі – дюралюмінії;
- ливарні – АІSi (силуміни).

При зварюванні алюмінію виникають наступні труднощі:

- висока теплопровідність і значна прихована теплота плавлення призводить до раптового проплавлення і утворення пропалів;
- висока схильність до кисню та утворення тугоплавкої плівки Al_2O_3 з $T_{\text{пл}} = 2063\text{ }^{\circ}\text{C}$. Питома вага плівки більш ніж у Al завдяки чому

її важко видалити з ванночки, що призводить до утворення неметалевих включень;

- велика лінійна усадка при охолодженні може привести до утворення тріщин;

- різке зниження міцності при підвищених температурах, що може викликати руйнування та деформації конструкції (гарячеламкість – 350 – 380 °С);

- відсутність зміни кольору при нагріванні затрудняє спостереження за процесом зварювання;

При зварюванні алюмінію використовують наступні види підготовки крайок (табл. 4.1).

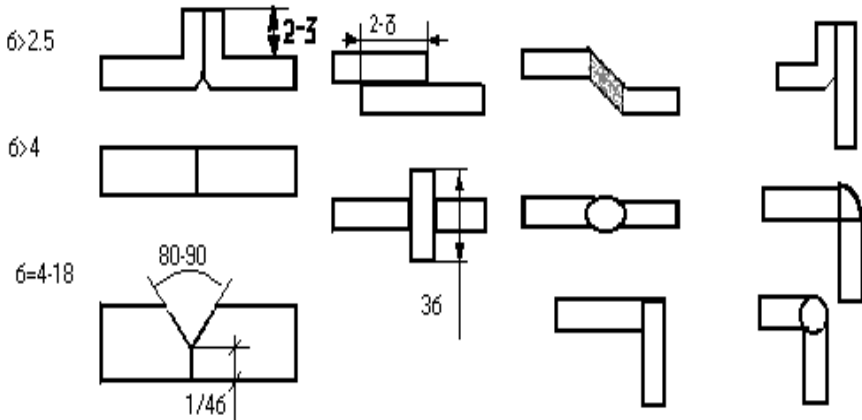


Рисунок 4.1 – Схема підготовки крайок при зварюванні алюмінієвих з'єднань

Перед зварюванням деталі з дюралюмінію повинні бути відпалені.

Для усування забруднень проводять обезмашення 10 % розчином каустичної соди при $t = 50 - 70$ °С на протязі 10 хвилин. Потім проводять зачистку щітками, або травлення. Травлення здійснюють в 25 % розчині ортофосфорної кислоти при $t = 70$ °С, а якщо плівка товста – в 30 % розчині азотної кислоти.

Після кожної операції проводять промивання і просушування. Якщо між травленням і зварюванням час > 4 – 8 год, то необхідне додаткове зачищення щітками.

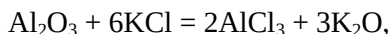
При зварюванні ливарних сплавів можуть виникнути тріщини. Для їх запобігання проводять попередній підігрів до температури 200

– 250° С. Можуть виникнути тріщини також при зварюванні дюралів завдяки виділенню легкоплавких евтектик Al-Cu. Тому при їх зварюванні використовують підігрів (хоча це не надійно), а після закінчення процесу – термообробку. Полум'я – нормальне, $V_a = 85 - 140$ л/год мм. Присадний дріт для сплавів АМц і АМг – однаковий за складом до основного металу, але з дещо більшим вмістом легуючих елементів.

Технічний Al, силуміни і АМц краще зварювати присадкою АК-5 (5 % Si). Цей сплав має меншу ливарну усадку та більшу рідкотекучість.

В процесі зварювання окисна плівка видаляється присадним дротом.

Флюси на основі хлористих з'єднань:



Для поліпшення флюсуючих властивостей окрім KCl вводять і інші компоненти.

Склад флюсів:

– 14 % LiCl, 50 % KCl, 28 % NaCl, 8 % NaF (Аф-4А)

– 51 % KCl, 41 % NaCl, 8 % NaF

Флюси з LiCl гігроскопічні і дорогі, однак найкращі. Флюси можна вводити в зварювальну ванну у вигляді порошків або паст на крайки з'єднань.

Після зварювання флюси змиваються теплою, краще злегка підкисленою (2 % хромової кислоти) водою.

Литі деталі після зварювання необхідно відпустити при $T = 300 - 350$ °С. Дюралі слід піддати повній термообробці після зварювання.

4.5 Особливості газового зварювання нікелю

Нікель має схильність до утворення пористості (O_2 , N_2), тріщин (S, Pb), тугоплавкої окисної плівки.

Тому перед зварюванням проводиться старання підготовка кромки. Зварювання проводиться дещо відновлювальним полум'ям,

потужність полум'я як для сталі. Флюси – бура і борна кислота. В якості присадки використовують дріт Нп-2.

При зварюванні ніхром Х20Н80 на його поверхні утворюється тугоплавка плівка, яку руйнують механічним способом. Зварювання слід вести максимально швидко без перерви і перегріву, бо повторне багат шарове зварювання може спричинити утворення крупнокристалічної структури і виникнення тріщини. Полум'я – відновлювальне потужністю $V_a = 50 - 70$ л/год мм. Флюс: 40 % бури, 50 % борної кислоти, 10 % NaCl. Присадка аналогічна за складом основному металу.

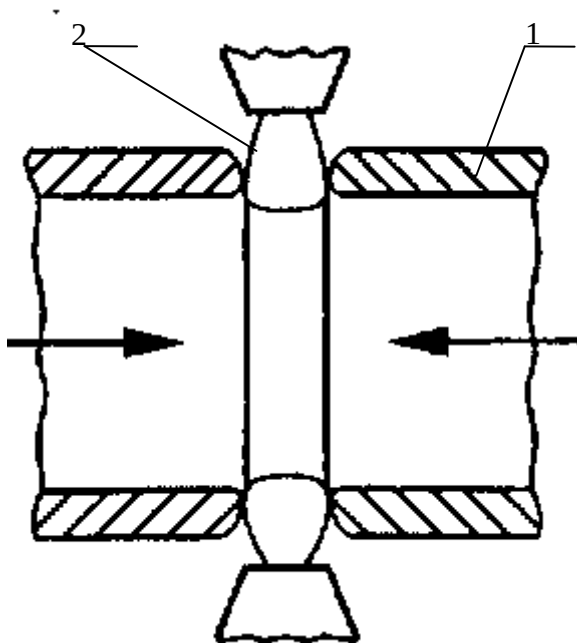
5 ГАЗОПРЕСОВИЙ СПОСІБ ЗВАРЮВАННЯ

При газопресовому зварюванні кромки з'єднувальних елементів нагріваються полум'ям багато соплового пальника до пластичного стану чи оплавлення і стискаються зовнішнім осьовим зусиллям до утворення нероз'ємного з'єднання.

Існує 2 різновидності: зварювання оплавленням і зварювання в пластичному стані.

При зварюванні мало вуглецевих сталей в пластичному стані, температури нагріву $t = 1200 - 1250$ °С, зусилля стискання $P = 0,15 - 0,35$ МПа. Для легованих сталей зусилля збільшується в 2 – 4 рази. Осадка для стрижнів $a = 0,3d$, а для труб $a = (1-1,3) \delta$. Потужність полум'я $V_a = 2 - 2,5$ л/год мм. Полум'я злегка відновлювальне $\beta < 1,1$.

Цей спосіб зварювання застосовують при зварюванні трубопроводів для подачі води, теплових мереж, газів, а також різноманітних виробів великого перетину. Його перевагою є простота процесу, невисока вартість і габарити зварювального обладнання, відсутність потреби в потужних джерелах електроенергії і можливість використання в польових умовах.



1 – з'єднувальні деталі; 2 – підігрівачий пальник

Рисунок 5.1 – Схема процесу газопресового зварювання

6 ГАЗОПОЛУМЕНЕВЕ НАПЛАВЛЕННЯ

Наплавленням називається процес нанесення методами зварювання плавленням шару присадного металу на поверхню основного, який при цьому проплавляється на незначну глибину.

Наплавлення застосовують для нарощування розмірів деталей, а також для надання поверхневому шару металу особливих властивостей: корозійної стійкості, твердості, жаростійкості та інш.

Наплавлення можна проводити аналогічним за складом металом, як і основний метал, або матеріалом з суттєво іншими властивостями.

Так на сталь можна наплавити чавун, кольорові метали, зносостійкі нікелеві сплави та інш.

Позитивною стороною газового наплавлення є можливість регулювання тепловкладення в основний та присадний матеріал, що дозволяє отримувати мінімальне проплавлення основного металу.

Недоліком газополуменевого способу наплавлення є більш низька продуктивність у порівнянні з дуговим наплавленням та більша деформація деталей.

Найкращі результати дає газове наплавлення матеріалів, що мають більш низьку температуру плавлення у порівнянні з основним матеріалом: латуней, легованих чавунів, нікелевих сплавів.

Присадний матеріал використовують у вигляді дроту, прутків або гранульованих порошків.

При використанні дротів або литих прутків процес наплавлення ведуть пальниками для газового зварювання Г2, Г3, Г4. Гранульовані порошки наплавляють пальниками для газопорошкового наплавлення ГАЛ-6, ГНЛ-6, ЕВРОДЖЕТ.

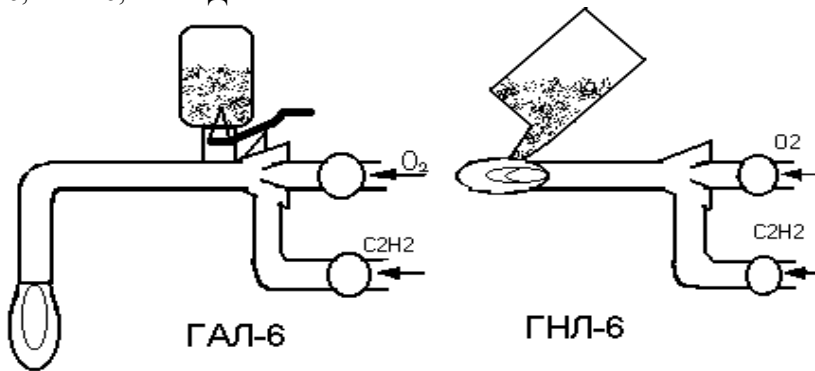


Рисунок 6.1 – Схеми пальників для газопорошкового наплавлення

Для наплавлення використовують гранульовані порошки розміром 100 – 150 мкм. Перед наплавленням поверхню деталей старанно очищують. Чистять також дрід і прутки, а порошки прожарюють при $T = 250 - 300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Наплавлення самофлюсуючих сплавів, що містять бор і кремній, проводять без застосування флюсу. Решту матеріалів наплавляють з використанням флюсів. У вигляді флюсу при наплавленні на сталь використовують буру та борну кислоту, а також газоподібний флюс БМ-1.

Тонкі деталі наплавляють без попереднього підігріву, масивні –

з підігрівом до $T = 500 - 700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При напавленні латуней використовують порошкові флюси та окислювальне полум'я. При напавленні решти матеріалів використовують нормальне або злегка відновлювальне полум'я. Якщо флюс газоподібний – полум'я тільки нормальне.

Напавлення ведуть лівим способом. Присадний матеріал наносять після того, як поверхня деталі нагріта до «запотівання».

Для напавлення латуней використовують присадний дріт Л62, ЛК62-05, ЛК80-05. Кремністі латуні дають більш щільний напавлений шар, однак по лінії сплавлення утворюються крихкі прошарки, які являють собою твердий розчин Si в Fe з 11 % Si. Тому перший шар при напавленні на сталь наносять безкремністою латунню, подальші – присадкою з кремнієм.

При напавленні латуней на чавун, його поверхню обпалюють окислювальним полум'ям для видалення графіту з поверхні.

Полум'я – відновлювальне, флюс – бура з додатками вуглекислого натрію і окислів кремнію.

При напавленні сталітів В2К (200Х30К50В5С2) і В3К (150Х30К60В5С3) в якості флюсів використовують буру з борною кислотою і фтористим кальцієм. Полум'я – відновлювальне.

Гранульовані порошки типу ПГ-ХН80С2Р2, ПГ-ХН80С4Р4 є самофлюсуючимися матеріалами. При їх напавленні флюси не застосовують.

Деталі, напавленні нікелевими самофлюсуючими сплавами, можна відпалювати при $T = 700 - 750\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому твердість не знижується, а внутрішні напруження зменшуються.

7 ГАЗОПОЛУМЕНЕВЕ ПАЯННЯ

Паяння – це процес отримання нероз'ємних з'єднань за допомогою розпавлених припоїв, що мають температуру плавлення нижчу температури плавлення з'єднуваних матеріалів і при контакті з ними вступають в адгезійну взаємодію з утворенням міжкристалічних зв'язків, в результаті чого при охолодженні і кристалізації утворюється паяний шов.

При паянні кромки з'єднуваних деталей не розплавляються,

але при контакті нагрітих кромок з розплавленим припоєм відбувається проникнення припою в міжкристалічні проміжки по границях зерен, взаємодифузія і утворення хімічних з'єднань.

Нагрівання металів і припою до температури паяння може здійснюватись за допомогою різних методів і обладнання. При газополуменовому паянні для цього призначенні стандартні газозварювальні пальники: Г2, Г3, Г4.

В якості припоїв використовують метали та сплави, які відповідають наступним вимогам:

- температура плавлення припою повинна бути менше температури плавлення паяних металів;
- припой повинен бути рідкотекучим, добре розтікатись по поверхні металу і затікати в щілини;
- припой і метал повинні активно взаємодіяти та утворювати адгезійні зв'язки;
- припій повинен мати корозійну стійкість близьку до паяного металу.

Можуть бути і інші вимоги стосовно властивостей припою. Розрізняють низькотемпературні ($T_{пл} < 450\text{ }^{\circ}\text{C}$) та високотемпературні ($T_{пл} > 450\text{ }^{\circ}\text{C}$) припої.

Для високотемпературного газового паяння найбільш часто використовують мідно-цинкові, мідно-фосфористі, срібні та алюмінієві припої.

Для низькотемпературного паяння – олов'яно-свинцеві і цинкові припої.

Мідно-цинкові припої з температурою плавлення $875 - 905\text{ }^{\circ}\text{C}$ використовують для паяння сталі, нікелю, чавуну, міді та інших сплавів.

Для цієї мети найбільш часто використовують латуні Л62, ЛК62-03, ЛОК62-06-01.

Срібні припої ПСр-10, ПСр-45, ПСр-70 ($T_{пл} = 720 - 870\text{ }^{\circ}\text{C}$) є найбільш технологічні і придатні для паяння практично усіх матеріалів окрім алюмінію. Дроти мідно-фосфористі (ПМФ-3, ПМФ-7) застосовують при паянні міді та її сплавів. Для паяння чорних сплавів вони не придатні через утворення по лінії спаю прошарків крихких фосфідів.

Для високотемпературного паяння Al використовують Al-Si припої з 12 – 13 % Si, Al-Cu-Si (34A) з температурою плавлення

525 °С.

Низькотемпературне паяння всіх сплавів найбільш часто здійснюють олов'яно-свинцевими припоями ПОС-10 – ПОС-90 ($T_{пл} = 180 - 220$ °С).

При паянні алюмінію доцільно користуватися олов'яно-цинковими припоями.

Для руйнування окисних плівок на паяних поверхнях та їх активізації при паянні використовують флюси.

Для високотемпературного паяння сталі, нікелю, міді та їх сплавів високотемпературними припоями, використовують флюси на основі бури і борної кислоти: ПВ-200, ПВ-201 (з добавками CaF_2), ПВ-209, ПВ-18В (з фтористим калієм і фторборатом калію).

Для високотемпературного паяння алюмінію використовують такий же флюс, як і при зварюванні (34А).

При низькотемпературному паянні в якості флюсів використовують розчини хлорних солей (ZnCl_2), розчини кислот (H_3PO_4) і спиртовий розчин каніфолі з добавками активаторів.

При паянні використовують різні форми паяних з'єднань, переважно – в напуск. Величину зазору витримують в межах 0,05 – 0,1 мм, в який проникає припой за допомогою капілярних сил. Застосовують також і некапілярні з'єднання, які формуються за допомогою гравітаційних сил.

Перед паянням поверхню деталей ретельно очищують від бруду, мастил, іржі та окалини. Очистку здійснюють механічними методами або травленням в розчині лугів і кислот з наступним промиванням і просушуванням.

Перед паянням деталі збирають і закріплюють за допомогою кондукторів або спеціальних пристроїв. Деталі гріють полум'ям (злегка відновлювальним) до температури плавлення флюсу і наносять флюс, а після його плавлення та флюсування – наносять припой та підігрівають деталі до повного плавлення і розтікання припою. При низькотемпературному паянні поверхню холодних деталей покривають флюсом і нагрівають полум'ям або пальником до температури плавлення припою. Після формування паяних швів деталі охолоджують та очищають від залишків флюсу.

У порівнянні із зварюванням процес паяння має деякі недоліки. Так при підготовці до паяння висуваються більш жорсткі вимоги у порівнянні з підготовкою деталей до зварювання. Паяні

з'єднання мають нижчу міцність, а часом і пластичність у порівнянні із зварними з'єднаннями. Для виготовлення припоїв витрачаються дорогі і дефіцитні матеріали такі як мідь, олово, нікель, срібло і ін.

В той же час процес паяння має багато переваг. До них відносяться:

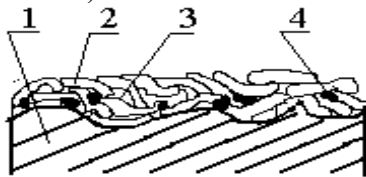
- можливість з'єднання різнорідних матеріалів, які не можна з'єднати між собою методами зварювання;
- менша величина внутрішніх напружень і деформацій у паяних виробках;
- можливість виконання паяних швів в труднодоступних місцях і з'єднання за один цикл зразу декількох деталей;
- паяні з'єднання є роз'ємними, тобто їх можна розпаяти без порушення форми і розмірів заготовок і спаяти знову.

Все це сприяє все більш широкому використанню паяних виробів в різних галузях техніки.

8 ГАЗОТЕРМІЧНЕ НАПИЛЕННЯ ПОКРИТТІВ

8.1 Суть процесу газотермічного напилення

Напилення – це процес нанесення на виріб шарів з дрібних часток розплавленого матеріалу, які при ударі об поверхню виробу сплющуються, швидко остигають і зчіплюються з нею за рахунок сил механічного заклинювання і адгезії, утворюючи покриття лускоподібної будови (рис. 8.1).



1 – деталь; 2 – деформована частка; 3 – пора; 4 – оксидне включення.

Рисунок 8.1 – Схема будови напиленого шару

Покриття, яке утворюється при газотермічному напиленні складається з окремих деформованих часток матеріалу з невеликою кількістю оксидних включень і пор. В залежності від способу і режиму напилення пористість покриття становить 0,1 – 12 %, а кількість оксидів як правило не перевищує 3 %.

Так як частки з поверхнею не сплаваються, то металургійна сумісність матеріалів не має значення. Це дає можливість на виробі з будь-яких матеріалів наносити різноманітні металеві й неметалеві покриття. Процес напилення металевих покриттів називають металізацією.

Поверхня виробу, на яку наносять газотермічні покриття, не підплавляється і не деформується. Тому можна напилювати виробі будь якої товщини. Процес напилення є високопродуктивний і забезпечує рівномірний шар потрібної товщини.

До недоліків цього процесу слід віднести слабке зчеплення напилених шарів з поверхнею виробу у порівнянні з наплавленими шарами.

Для того щоб частки матеріалу надійно зчіплювались з поверхнею виробу вона повинна бути чистою і мати потрібну шершавість ($R_z \approx 30 - 150$ мкм). Тому поверхню деталі перед напиленням очищують, промивають, обезмащують і створюють на ній шершавість шляхом струменевої обробки гострокутним металевим дробом чи електрокорундом, або шляхом нарізання «рваної різьби». «Рвану різьбу», як правило нарізають на циліндричних поверхнях невідповідальних деталей, бо вона зменшує стійкість деталей проти руйнування від втоми. Дробоструменева обробка, навпаки, підвищує стійкість проти втоми. Для підвищення міцності зчеплення перед напиленням будь-яких покриттів на поверхню виробу напилюють тонкий прошарок Ni-Al матеріалу за допомогою екзотермічних плакованих Ni-Al порошків, молібдену або ніхрому.

8.2 Способи напилення газотермічних покриттів

В залежності від джерел теплової енергії, що застосовуються для розплавлення розпилюваного матеріалу, розрізняють наступні найбільш розповсюджені способи напилення шарів значної товщини:

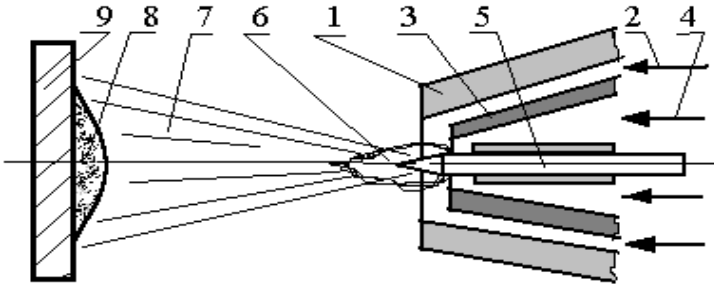
- газополуменевий;
- електродуговий;
- плазмовий.

Для напилення дуже тонких шарів з високими міцностними властивостями використовують детонаційний і вакуумно-

конденсаційний способи напилення.

При газополуменовому способі напилення матеріал розплавляється газовим полум'ям, в яке він подається у вигляді порошку або дроту, розбивається на дрібні частки швидкісним газовим потоком і ці частки з великою швидкістю (> 150 м/с) направляються на поверхню виробу потоком продуктів згорання (рис. 8.2).

Газополуменовий спосіб, не дивлячись на відносно невисоку продуктивність, широко застосовують для напилення різноманітних деталей. Він відзначається високою стабільністю процесу, простотою і низькою вартістю обладнання, відносно добрими санітарно-гігієнічними умовами праці.



1 – повітряне сопло розпилюючої головки; 2 – подача повітря; 3 – газове сопло; 4 – подача горючої суміші; 5 – розпилюваний матеріал; 6 – факел полум'я; 7 – потік розплавлених часток матеріалу; 8 – напилений шар; 9 – виріб

Рисунок 8.2 – Схема газополуменового напилення

Методом газополуменової металізації можна наносити покриття із усіх металів і сплавів, що випускаються у вигляді дротів або порошків (окрім Мо і W). Його також застосовують для нанесення покриттів із пластмас, кераміки і інших матеріалів з низькою температурою плавлення.

Найменші внутрішні напруження утворюються в нанесених шарах при газополуменовому способі, значно більші при електродуговому і плазмовому. При хорошій якості підготовки, поверхні виробу, коли забезпечується більша міцність зчеплення, можна напиляти більш товсті шари.

Найбільша міцність зчеплення досягається на випуклих поверхнях (зовнішні поверхні циліндричних виробів). На плоских і увігнутих поверхнях міцність зчеплення знижується, бо усадкові напруження відривають шар від поверхні виробу. Тому на поверхню

валів, осей можна багатопрхідним способом наносити шари товщиною до 5 – 8 мм, а на плоскі поверхні і внутрішні циліндричні поверхні не більше 1,5 – 2 мм.

Через низькі міцності властивості напилених покриттів вони погано працюють в умовах ударних навантажень і абразивних впливів. Добре працюють напилені вироби в умовах тертя-ковзання зі змащуванням, а також в умовах пресових посадок. Використовують газотермічні покриття і для антикорозійного захисту виробів, хоч за корозійною стійкістю напилений шар дещо поступається литому або катаному матеріалу аналогічного складу.

8.3 Обладнання й матеріали для наплення і металізації

Для нанесення покриттів використовують матеріали у вигляді дроту або порошку. Дуже рідко використовують матеріали у вигляді литих або спечених прутків.

Для металізації можна використовувати практично всі види дротів: зварювальні, наплавочні, пружинні, товарні. Для відновлення розмірів деталей використовують вуглецеві дроти, для зносостійких покриттів – високовуглецеві, для антифрикційних – бронзові, для захисту від корозії – цинкові, алюмінієві, хромонікелеві, сталіні.

При газополуменовому нанесенні покриттів із застосуванням дротів використовують металізатори типу МГИ-4 (МГИ-4А, МГИ-4П) і УГМ (м. Барнаул, Росія), установки “Топаз” (ІЕЗ ім. Патона), а при дуговому напленні електродугові металізатори ЭМ-14, ЭМ-12, ЭМ-15.

Для газополуменового наплення неметалів, а також металевих сплавів, які важко або недоцільно виготовити у вигляді дроту, використовують порошкові матеріали. Оксиди чи карбіди мають довільну форму, металеві порошки як правило випускають гранульовані (кулевидні).

Грануляція порошоків 25 – 120 мкм. Серед металевих матеріалів для газополуменового наплення найбільше застосування знаходять хромонікелеві сплави, леговані бором і кремнієм (ПГ-10Н-01, ПГ-19Н-01, ПГ-АН-5, ПГ-АН-6, ПР-Н67Х18С5Р5), а також композиційні термореагуючі порошки (ПТ-НА01, ПН-70Ю30, Metco 405). Із

неметалевих матеріалів газополуменевим способом наносять оксид алюмінію Al_2O_3 у вигляді глинозему і різноманітні емалі. Карбіди й нітриди доцільніше напиляти плазмовим або детонаційним методами.

Для напилення порошкових матеріалів випускають газополуменеві установки УПН-8, УГПТ, УГПЛ (Росія), Могул 9 (Україна).

Для напилення покриттів плазмовим способом випускається велика кількість різноманітних за конструкцією і потужністю установок. Найбільш поширеними є УПМ-6, УПУ-3, УПУ-8, «Моноліт» (Росія); УН-104, УН-108 (Україна); «Плазма дайн», Metco-3MB, Metco-9MB (США) та інші.

8.4 Технологія нанесення газотермічних покриттів

Технологічний процес нанесення газотермічних покриттів включає наступні етапи:

- очистка виробів від бруду, мастила, фарб;
- механічна обробка поверхонь перед напиленням;
- обезмасування поверхні;
- ізоляція ділянок поверхонь, які не будуть напилюватися, але граничать з напилюваною поверхнею;
- активація поверхні й надання їй шершавості;
- при необхідності – підігрів виробу перед напиленням;
- напилення покриття;
- усування ізолюючих елементів і екранів;
- механічна обробка напиленого шару.

Очистка виробів від забруднення проводиться всіма відомими способами: промиванням в гарячому розчині кальцинованої чи каустичної соди, протиранням ганчірками, змоченими в гасі чи бензині, очисткою щітками і ін.

Механічна обробка напилюваних поверхонь проводиться з метою усування пошкоджених ділянок поверхні і забезпечення можливості отримання потрібної товщини покриття, яка повинна становити не менше 0,3 мм для антикорозійних покриттів, і $> 0,6 - 0,8$ – для інших покриттів, що працюють в умовах механічних навантажень.

Після механічної обробки проводиться обезмасування поверхні органічними розчинниками. Чавунні деталі, які працювали в умовах змащування, обпалюють в печі при $t = 280 - 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ або пальником з метою видалення мастила із графітових включень.

Активацію поверхні і створення шершавості здійснюють переважно струйною обробкою електрокорундом чи гострокутним металевим дробом з розміром часток $0,8 - 1,5\text{ мм}$. Перед обробкою розташовані поруч ділянки поверхні, які не будуть напилені, закривають жерстяними екранами, або ізолюючою стрічкою. Шпоночні канавки і отвори закривають дерев'яними, графітовими або мідними вставками. На циліндричних поверхнях шершавість можна створити шляхом нарізання “рваної різьби”.

З метою додаткової активації поверхні виробу і підвищення міцності зчеплення покриття перед напиленням деталей можна підігріти до температури $50 - 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Al, Cu, Ti – до $50 - 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, жаростійкі до $200 - 250\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Для відповідальних деталей перед напиленням основного покриття напилюють адгезійний прошарок Ni-Al матеріалів.

Основне покриття наносять тонкими шарами $\delta = 0,2 - 0,3\text{ мм}$ з метою запобігання його перегріву і руйнуванню.

Напилення проводять з відстані $100 - 160\text{ мм}$ на режимах рекомендованих у паспорті апарата і перевірених на контрольних зразках.

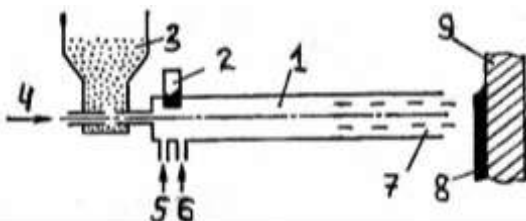
Після нанесення покриття потрібної товщини з припуском на механічну обробку і остигання перевіряють його якість на відсутність тріщин, відшарувань і інших дефектів. Потім проводять механічну обробку напилених покриттів різцем або шліфувальним кругом на режимах різання в $2,5 - 3$ рази нижчих у порівнянні з режимами обробки прокату чи литва.

8.5 Детонаційно-газовий спосіб напилення покриттів

Детонаційно-газовий, або просто детонаційний, спосіб застосовують для нанесення тонких покриттів із тугоплавких карбідів і нітридів з метою захисту і зміцнення поверхні виробів, що працюють у важких умовах експлуатації. Покриття мають товщину $0,05 - 0,3\text{ мм}$,

але відзначаються дуже високою міцністю, щільністю, зносо- і жаростійкістю.

Даний метод напilenня відноситься до циклічних процесів. При цьому способі частки напилуваного матеріалу з великою швидкістю (>800 м/с) вистрілюються з гармати детонаційної установки завдяки вибуху ацетилено-кисневої (рідше – пропано-кисневої) суміші.



1 – ствол детонаційної гармати; 2 – свічка підпалювання суміші; 3 – бункер з порошком; 4 – підведення газу для подачі порошку; 5 – підведення флегмтизуючого (продувочного) газу N_2 або Ar; 6 – подача горючої суміші; 7 – потік вистрілених часток; 8 – покриття; 9 – виріб.

Рисунок 8.3 – Схема процесу детонаційно-газового напilenня

При співударянні з поверхнею виробу частки нагріваються до високої температури (може сягати $4000^\circ C$), заглиблюються в поверхню виробу і міцно зчіплюються, утворюючи надзвичайно щільне і міцне покриття.

Робочий цикл напilenня складається з наступних етапів:

- заповнення дула гармати горючою сумішшю;
- дозування і подача порошку матеріалу в канал установки (можна сумістити з подачею горючої суміші);
- спалахування і згорання суміші в режимі детонації;
- формування потоку напилуваних часток, їх нагрів і прискорення фронтом детонаційної хвилі;
- виліт продуктів детонації із каналу установки і утворення ударної хвилі в повітрі;
- ударна взаємодія імпульсного потоку продуктів згорання і часток порошку з напилуваною поверхнею, що супроводжується утворення ділянки напиленого шару.

Гарячою сумішшю канал установки заповнюється після попередньої продувки флегмтизуючим газом з метою запобігання самозаймання суміші при контактi з гарячими продуктами детонації.

Продувку можна не робити, якщо проміжок часу між циклами згорання горючої суміші є достатнім для самоохолодження продуктів згорання. Застосуванням газових детонуючих сумішей різного складу (наприклад, вводячи домішки) можна регулювати параметри детонації (швидкість, температуру) в широких межах.

Розміри і форма деталей при детонаційному напиленні покриттів обмежені лише технологічними можливостями пристроїв для переміщення виробів і розмірами звукоізолюючого боксу.

Напилювану деталь закріплюють в пристрої, встановленому на маніпуляторі, який забезпечує потрібну кінематику взаємного відносного переміщення виробу і детонаційної гармати.

Кут попадання потоку часток до поверхні виробу повинен знаходитись в межах $45 - 90^\circ$. Відстань від дула гармати до поверхні виробу вибирають в залежності від матеріалу порошку, розміру його часток, форми поверхні деталі, витримуючи її в межах $50 - 200$ мм. Всі вибрані параметри режиму уточнюються при напиленні дослідних зразків.

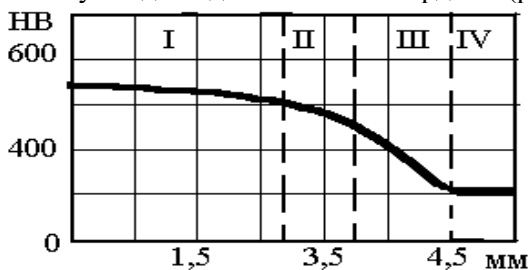
Даним способом можна наносити покриття на вироби без попередньої підготовки їх поверхні струменевими методами обробки (не потрібна шершавість поверхні). При цьому забезпечується висока міцність зчеплення покриття (до 160 МПа), що в багато разів перевищує міцність зчеплення інших газотермічних покриттів (газових, електродугових і плазмових). Покриття є дуже щільними (пористість $< 0,5 - 1 \%$).

Метод має і певні недоліки. Це високий рівень шуму (до 140 дБ); обмеження стосовно мінімальної товщини напилюваних виробів і можливості нанесення матеріалів, які реагують з продуктами згорання. Вартість установок також є відносно високою.

Детонаційно-газовий спосіб використовують переважно для напилення дуже відповідальних деталей в авіабудуванні, ракетобудуванні, космічній техніці тощо.

9 ГАЗОПОЛУМЕНЕВЕ ПОВЕРХНЕВЕ ГАРТУВАННЯ

Процес газополуменевого поверхневого гартування базується на швидкому нагріванні поверхні деталі до температури вище критичної точки A_{c3} з наступним швидким охолодженням водою. При цьому в поверхневому шарі утворюється гартувальна (мартенситна) структура, яка поступово через проміжні зони переходить в структуру основного незагартованого металу з відповідною зміною твердості (рис. 9.1)



I – загартований на мартенсит шар; II – перехідна зона (Троосто-мартенсит); III – Троостит (перехідної зони); IV – Основний матеріал (Феррит + перліт).

Рисунок 9.1 – Зміна твердості при поверхневому гартуванні сталі 40

Максимальна глибина загартованого шару буде залежати від режимів гартування, тобто від потужності полум'я, швидкості його переміщення відносно поверхні деталі і інтенсивності охолодження.

Максимальна величина твердості на поверхні деталі буде залежати як від режимів охолодження, так і від складу металу (вмісту вуглецю) (рис. 9.2).

Для здійснення процесу гартування використовують багатофакельні пальники, які мають 1 – 2 ряди сопел діаметром 0,8 мм (відстань між соплами (отворами) – 5 мм, між рядами – 4 мм) і ряд сопел для водяного охолодження поверхні деталі.

Водяне охолодження пальника є автономне і не залежить від подачі води на деталь.

Форма наконечників пальників є різноманітна в залежності від форми поверхні деталі й способу гартування.

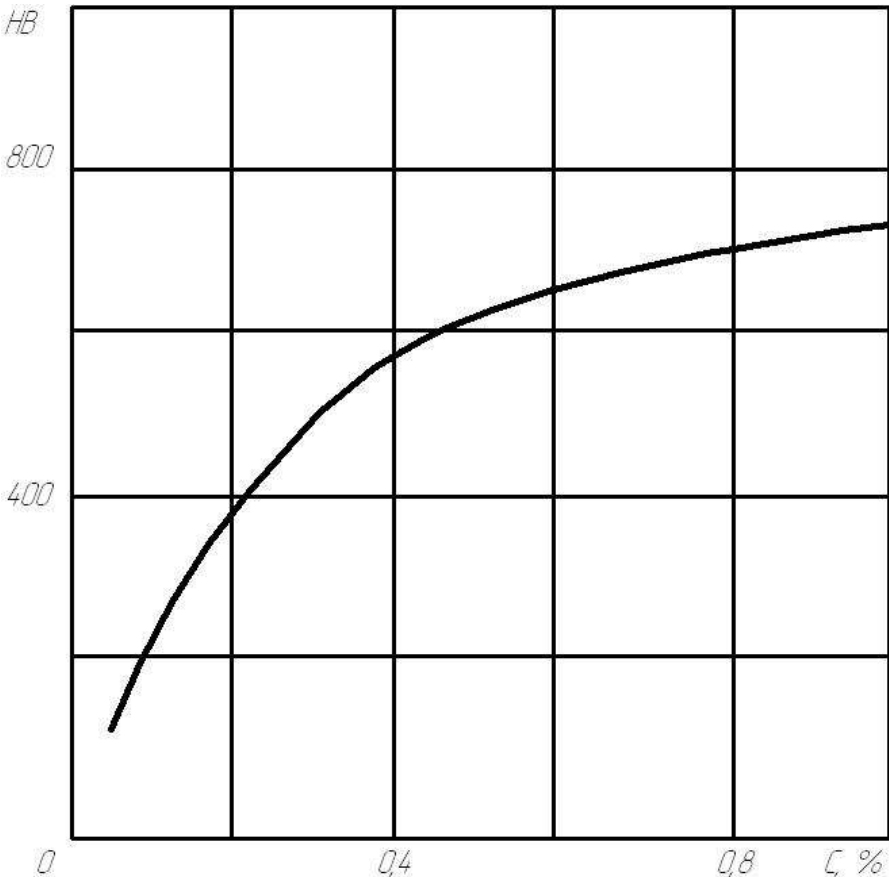


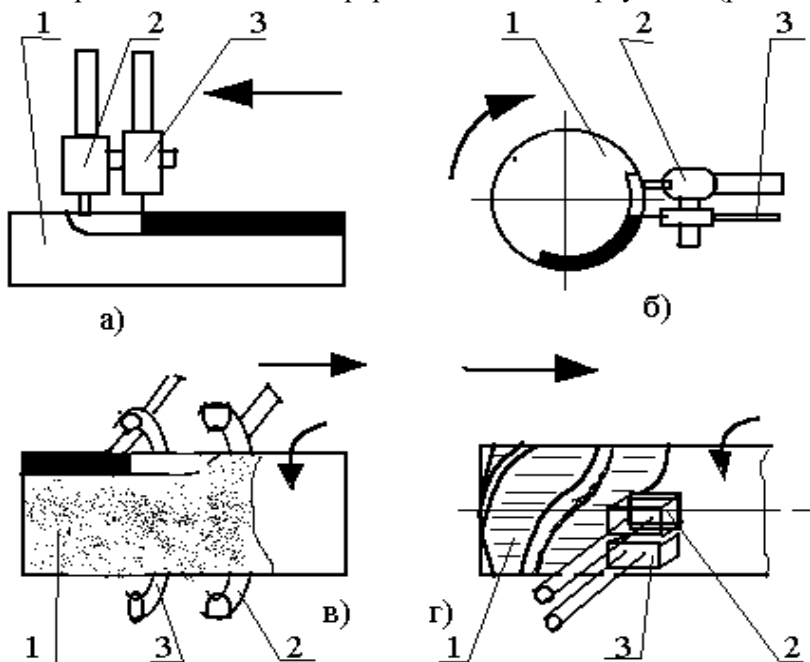
Рисунок 9.2 – Вплив вмісту вуглецю в сталі на твердість загартованого шару

Випускається декілька типорозмірів плоских наконечників до пальників, а також наконечників для циліндричних поверхонь і зубів шестерень. Випускають і спеціальні пальники.

Існує декілька способів поверхневого гартування: циклічні й безперервні.

При циклічних способах нагрівають всю ділянку поверхні нерухомим або рухомим пальником, а потім одночасно охолоджують у всіх точках (наприклад кінці головок рельсів). При гартуванні коротких виробів циліндричної форми використовують циклічний спосіб швидкісного обертання.

Для гартування виробів з великою площею поверхні використовують безперервні способи, при яких пальник рухається відносно поверхні деталі з постійною заданою швидкістю. Існує декілька різновидностей безперервних способів гартування (рис. 9.3).



а) – послідовний; б) – кільцевий; в) – комбінований кільцевий; г) – комбінований спіральний;

1 – виріб; 2 – пальник; 3 – розбризкувач

Рисунок 9.3 – Схема безперервних способів гартування

Особливістю полуменевого гартування є самовідпуск виробів при $T = 120 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, що трохи знижує твердість (на 3 – 5 HRC), а також зменшує внутрішні напруження і ймовірність появи тріщин при цементації і високочастотному гартуванні.

Застосовують – для гартування кінців рейок, стрілок, хрестовин, зубів крупномодульних шестерень ($M = 10 - 30\text{ мм}$) штоків компресорів, роликів і опорних котків, зубів фрез і інших деталей.

Режими гартування вибирають згідно рекомендацій і номограм, які наведені в паспортах до пальників, і перевіряють експериментально.

Як правило рекомендовані режими гартування знаходяться в наступних межах:

- витрата C_2H_2 – 400 – 600 л/год см.
- витрата води – $0,4 \div 0,6$ л/год см.
- відстань між зоною нагріву і охолодження 20 – 25 мм
- швидкість переміщення пальника – 1,3 – 1,8 см/с.

Основна перевага способу – простота і дешевизна обладнання, що робить його доступним для будь-яких умов і виробництв.

ВИСНОВКИ

В даному конспекті розглянуті тільки найбільш поширені способи газополуменевої обробки, які використовуються для зварювання, паяння, наплавлення, зміцнення поверхні виробів і нанесення газотермічних покриттів за допомогою енергії горючих газів.

Такі різновидності способів газополуменевої обробки, як різноманітні способи термічного різання матеріалів вивчатимуться в окремій дисципліні «Термічне різання металів».

Детальне вивчення існуючих способів газополуменевої обробки, їх можливостей, переваг і недоліків, знайомство з обладнанням для здійснення цих технологічних процесів дозволить аргументовано і правильно вибрати найбільш раціональний процес виготовлення виробу. Це забезпечить можливість отримання продукції потрібної якості при мінімальних затратах на її виготовлення.