

МЕХАНІКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технологій
виготовлення матеріалів**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання лабораторних робіт
з дисципліни**

«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»

Розділ

ЗВАРЮВАЛЬНЕ ВИРОБНИЦТВО

Харків – 2018

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 26 лютого 2018 р., протокол № 11.

Рекомендуються для студентів денної форми навчання механіко- енергетичного та будівельного факультетів.

Укладачі:

проф. С. С. Тимофєєв,
асп. О. І. Цап,
інж. В. В. Коровін

Рецензент

доц. І. І. Федченко

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання лабораторних робіт
з дисципліни
«МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ТКМ»

Розділ «Зварювальне виробництво»

Відповідальний за випуск Цап О. І.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 21.03.18 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,5. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.

ВСТУП

Мета лабораторних робіт – закріплення теоретичних знань з курсу «Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів» (розділ «Зварювальне виробництво»).

У лабораторних роботах формується мета, наводяться зміст, порядок їх виконання, контрольні питання та література.

Після виконання лабораторних робіт студент повинен оформити і представити звіт (додаток А), який включає:

- мету роботи;
- стислий опис теоретичних основ роботи;
- короткий опис виконаної роботи, отриманих результатів;
- аналіз і пояснення отриманих результатів.

Методичні вказівки призначені для ознайомлення з продуктивністю, визначення коефіцієнта наплавлення та втрат електродного металу зварювання, ознайомлення з принципом роботи різачка, конструкцією різних типів різаків і обладнанням для проведення термічного різання.

Лабораторна робота 1

ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ, КОЕФІЦІЄНТА НАПЛАВЛЕННЯ І ВТРАТ ЕЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛУ ЗВАРЮВАННЯ

Мета роботи – ознайомлення з класифікацією електродів і призначенням покриттів, визначення продуктивності, коефіцієнта наплавлення і втрат електродного металу залежно від сили струму і покриття, побудова графіків залежності.

Устаткування, прилади, матеріали

Зварювальний апарат; ваги; секундомір; лінійка; штангенциркуль; пластини – 3 шт.; електроди без покриття – 3 шт.; електроди з крейдяним покриттям (іонізованим) – 3 шт.; електроди з якісним покриттям – 3 шт., бланки спостережень.

Порядок виконання роботи

- 1 Проводиться інструктаж з техніки безпеки і про порядок заповнення бланка спостережень.
- 2 Кожному студенту призначається номер наплавлення.
- 3 Наплавлення на пластині виробляє лаборант.
- 4 Спостереження проводяться для скорочення часу на зміну струму в такій послідовності номерів наплавлення: 1, 4, 7, 2, 5, 8, 3, 6, 9.
- 5 У процесі спостережень студенти фіксують дані відповідно до таблиць оглядового листа і виконують необхідні розрахунки.
- 6 За результатами роботи будуються графіки залежності.
- 7 У звіті привести короткі пояснення графіків, їх зміни в залежності від струму і покриття.

Короткі відомості з теорії

Металеві електроди для дугового зварювання виготовляють відповідно до ДСТУ ISO 18275:2008 Матеріали зварювальні. Покриті електроди для ручного дугового зварювання.

Класифікація (ISO 18275:2005, IDT). Установлені ДСТУ розміри електродів:

діаметр електрода, мм, – 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0;

довжина електрода, мм:

- з вуглецевої і легованої сталі 200, 250, 300, 350, 450;
- з високолегованої сталі 150, 200, 300, 350, 450.

За якістю (точністю виготовлення, станом поверхні покриття, металом шва, вмістом сірки й фосфору в наплавленому металі) електроди поділяються на групи 1, 2, 3.

Покриття електрода має бути однорідним, щільним, міцним, без тріщин, напливів, здуттів і ексцентричності відносно осі стрижня. Допускаються шорсткість і окремі відступи глибиною менше чверті товщини покриття; вм'ятини глибиною до половини товщини покриття на довжині не більше 12,0 мм; оголеність тільки з кінця електрода на довжині не більше половини діаметра та інші дрібні дефекти.

Міцність покриття випробовують у такий спосіб: при падінні на сталеву плиту з висоти 1 м електродів діаметром менше 4 мм і з висоти 0,5 м електродів діаметром 4 мм і більше покриття не повинне руйнуватися. Вологостійкість покриття перевіряють зануренням електрода у воду й витриманням протягом 24 год при температурі 15...25 °С.

Електроди упаковують у водонепроникний папір або поліетиленову плівку й пачками масою 3...8 кг укладають у дерев'яні ящики. Маса ящика – 30...50 кг.

На кожній пачці є етикетка, що містить назву заводу-виготівника, умовну позначку електрода, сферу застосування, режими зварювання, обробки й механічні показники звареного шва, властивості наплавленого металу й коефіцієнт наплавлення.

Електроди, виготовлені за ДСТУ, забезпечують стійке горіння дуги й спокійне рівномірне плавлення покриття. Шлаки рівним шаром покривають при наплавленні метал і легко видаляються після остигання. Тріщини, газові пори й жужільні включення у звареному шві не утворюються. Хімічний склад металу шва, і особливо допустимий вміст сірки й фосфору, вказується в паспорті електрода. Вміст сірки й фосфору в металі звареного шва при зварюванні низьковуглецевих і

низьколегованих сталей має бути не більше 0,05 %; при зварюванні леггованих сталей підвищеної міцності – не більше 0,04 %. Зварені шви високолегованих сталей повинні містити не більше 0,025 % сірки й 0,03 % фосфору.

Вимоги, що висуваються до металевих електродів для зварювання вуглецевих і леггованих конструкційних сталей, викладені в ДСТУ ISO 18275:2008.

Для зварювання вуглецевих і низьколегованих конструкційних сталей цим ДСТУ передбачені дев'ять типів електродів: Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60; для зварювання леггованих конструкційних сталей підвищеної й високої міцності – п'ять типів: Э70, Э85, Э100, Э125, Э150. Крім того, передбачені дев'ять типів електродів для зварювання теплотривких сталей.

Тип електрода позначається буквою Э і цифрою, що вказує гарантовану межу міцності металу шва, кгс/мм². Буква А в позначенні вказує, що метал шва, наплавлений цим електродом, має підвищені пластичні властивості. Такі електроди застосовують при зварюванні найбільш відповідальних швів. Для виготовлення стрижнів більшості електродів, призначених для зварювання вуглецевих і леггованих конструкційних сталей, застосовують дріт марок Св-08 і Св-08А.

Кожному типу електрода відповідає кілька марок електродів. Наприклад, типу Э42 відповідають електроди ОМА-2, АНО-6, МЭЗ-04 та ін. Марка електрода – це його промислове позначення, що характеризує, як правило, стрижень і покриття.

Електродні покриття поділяють на дві групи: тонкі (стабілізуючі та іонізуючі) і товсті (якісні). Призначення тонкого покриття — полегшити порушення дуги й стабілізувати її горіння. Для цього покриття використовують речовини, атоми й молекули якої мають низький потенціал іонізації, тобто легко іонізуються в повітряному проміжку дуги. Такими речовинами є калій, натрій, кальцій, барій, літій, стронцій. Вони застосовуються, як правило, у вигляді вуглекислих солей: крейда CaCO₃, поташ KCO₃, вуглекислий барій BaCO₃. Як сполучну речовину застосовують рідке скло, що являє собою силікат натрію NaO₂ × Si₂. Покриття наносять на стрижень електрода товщиною шару 0,1...0,25 мм, що становить 1,5...2 % маси електрода. Тонке покриття не створює

захист для розплавленого металу шва, і тому при зварюванні відбувається окиснення й азотування наплавленого металу. Шов є крихким, пористим, з різними неметалічними включеннями. Тому електроди з тонким покриттям використовують при виконанні невідповідальних зварених швів.

Найбільш простим тонким покриттям є крейдове. Воно складається з порошкової чистої крейди, розведеної на рідкому склі. На 100 мас. ч. крейди береться 25...30 мас. ч. рідкого скла, отримана суміш розмішується у воді до сметаноподібного стану. Електродні стрижні занурюють у цей розчин і сушать при кімнатній температурі або в сушильних шафах при температурі 30...40 °С. Такі електроди дають при зварюванні шви дуже низької якості й тому застосовуються дуже рідко. Більше якісні зварені шви дають електроди з тонким покриттям марок ДО-3 і А-1. Основною складовою цих покриттів є титановий концентрат. Покриття ДО-3 містить 57,8 % титанового концентрату й 42,2 % марганцевої руди, а рідке скло становить 25...35 % до маси концентрату й руди. Покриття А-1 містить 86,6 % титанового концентрату, 10,2 % марганцевої руди й 3,2 % калієвої селітри. Рідке скло береться в кількості 30...35 % маси інших компонентів. При зварюванні тонкостінних виробів гарні результати дає покриття МТ, що складається з 62 % титанового концентрату, 31 % польового шпату й 7 % хромово-кислого калію. Рідке скло становить 30 % маси інших компонентів.

Електроди з товстим покриттям застосовують для одержання зварених з'єднань високої якості. Тому ці покриття називають якісними. Якісне покриття виконує такі функції: забезпечує стійке горіння дуги; захищає розплавлений метал шва від впливу кисню й азоту повітря; розкиснює в металі шва оксиди й видаляє невідновлювані оксиди в шлаки; змінює склад при наплавленні металу введенням у нього легуючих домішок; видаляє сірку й фосфор з розплавленого металу шва; утворює жужільну кірку над металом шва, сповільнює його охолодження й тим самим сприяє виходу газів і неметалічних включень на поверхню металу шва.

Для виконання перерахованих вище функцій електродне якісне покриття повинне містити такі компоненти.

Іонізуючі речовини знижують ефективний потенціал іонізації, що забезпечує стабільне горіння дуги. Як іонізуючі

компоненти в покриття вводять крейду, мармур, поташ, польовий шпат тощо.

Газотвірні речовини при зварюванні розкладаються або згорають, виділяючи велику кількість газів, що створюють у зоні дуги газову оболонку. Завдяки цій оболонці метал шва захищається від впливу атмосферного кисню й азоту. Такими газотвірними речовинами є крохмаль, деревне борошно, целюлоза та ін.

Розкиснюючі речовини мають більшу спорідненість із киснем і тому відновлюють метал шва. Розкиснювачами служать феросплави, алюміній, графіти тощо.

Шлакотвірні речовини створюють жужільний захист розплавленого металу шва, а також краплі електродного металу, що проходять через дуговий проміжок. Крім того, шлаки беруть активну участь у металургійних процесах при зварюванні й сприяють одержанню якісного шва. У якості шлакотвірних речовин застосовують польовий шпат, кварц (SiO_2), мармур, рутил, марганцеву руду та ін.

Легуючі речовини в процесі зварювання переходять із покриття в метал шва й легують його для додавання тих або інших фізико-механічних якостей. Гарними легуючими речовинами є феромарганець, феросиліцій, ферохром, феротитан. Рідше застосовують різні оксиди металів (міді, хрому та ін.).

Зв'язувальні речовини призначені для замішування всіх компонентів покриття у вигляді пасти, а також для зв'язування пасти на сердечнику електрода й додавання певної міцності після висихання покриття. Такою речовиною є рідке скло. Рідше застосовується декстрин.

За видами покриття електроди поділяють так: з кислим покриттям – умовна позначка А; з рутиловим – Р; із целюлозним – Ц; з основним – Б; з покриттям змішаного типу – відповідне подвійне позначення (наприклад, АЦ); з іншими видами покриттів – П.

Кислі покриття (АНО-1, СМ-5) містять руди у вигляді оксидів заліза й марганцю; при плавленні вони виділяють кисень, здатний окиснити метал ванни та легуючі домішки. Для ослаблення дії кисню в покриття вводять розкиснювачі у вигляді

феросплавів. Однак наплавлений метал має відносно малу в'язкість і пластичність і знижений вміст легуючих домішок.

Рутилові покриття (АНО-3, АНО-4, МР-3, ОЗС-4) мають основним компонентом рутил (TiO_2 — діоксид титану). Шлакотвірними служать рутил, а також польовий шпат, магнезит тощо. У якості розкиснювача й легуючого компонента застосовують феромарганець.

Целюлозні покриття (ВСЦ-1, ВСЦ-2, ОМА-2) містять переважно органічні компоненти в якості газотвірних і зв'язувальних речовин. У якості розкиснювача уведені феромарганець, феросиліцій.

Основні покриття (УОНІІ-13, ДСК-50) складені на основі плавикового шпату (Са) і мармуру (карбонат кальцію CaCO_3). Відсутність у складі цього покриття оксидів заліза й марганцю дозволяє широко легувати при наплавленні металу. При зварюванні можна одержати метал шва заздалегідь заданого хімічного складу з гарними механічними властивостями. Розкиснювачем покриття є феротитан, феромарганець і феросиліцій.

Загальна витрата електрода розраховується за формулою, г,

$$Q_{\text{ел}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ел}}^2}{4} \cdot l_{\text{ел}} \cdot \rho, \quad (1.1)$$

де $d_{\text{ел}}$ — діаметр електрода, см;

$l_{\text{ел}}$ — довжина електрода, см;

ρ — густина сталі, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Погонна маса 1 см електродного дроту розраховується за формулою, г/см^3 ,

$$m = \frac{\pi \cdot d_{\text{ел}}^2}{4} \cdot \rho. \quad (1.2)$$

Вага наплавленого металу розраховується за формулою, г,

$$Q_{\text{н}} = Q_2 - Q_1, \quad (1.3)$$

де Q_1 – вага пластини до наплавлення;
 Q_2 – вага пластини після наплавлення.

Вага недогарка розраховується за формулою, г,

$$Q_{\text{недог}} = m \cdot l_{\text{недог}}, \quad (1.4)$$

де $l_{\text{недог}}$ – довжина недогарка, см.

Витрата електродного металу на чад і бризки розраховується за формулою, г,

$$Q_{\text{чб}} = Q_{\text{ел}} - Q_{\text{н}} - Q_{\text{недог}}. \quad (1.5)$$

Продуктивність наплавлення розраховується за формулою, кг/год,

$$Q = \frac{Q_{\text{н}} \cdot 3600}{\tau \cdot 1000}, \quad (1.6)$$

де τ – час наплавлення металу, с.

Коефіцієнт наплавлення розраховується за формулою, г/А·год,

$$\alpha_{\text{н}} = \frac{Q}{I} \cdot 1000, \quad (1.7)$$

де I – сила струму, А.

Контрольні питання

- 1 Основні втрати електродного металу залежно від струму.
- 2 Коефіцієнт наплавлення. Зміни коефіцієнта наплавлення.
- 3 Продуктивність зварювання, одиниці вимірювання. Залежність продуктивності від струму.
- 4 Призначення іонізуючих покриттів.
- 5 Призначення якісних покриттів.

Лабораторна робота 2

ТЕРМІЧНЕ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

Мета роботи – ознайомитись з суттю термічного різання, вимогами до матеріалів, обладнанням для проведення термічного різання, принципом роботи різачка, конструкцією різних типів різаків, обладнанням для проведення киснево-флюсового різання.

Устаткування, прилади, матеріали

Ацетиленовий різак, схеми нових типів різаків, схема установки для киснево-флюсового різання.

Порядок виконання роботи

- 1 Проводиться інструктаж з техніки безпеки і про порядок заповнення бланка спостережень.
- 2 Ознайомлення з суттю проведення термічного різання.
- 3 Вивчення будови кисневого різачка і принципу його роботи.
- 4 Виявлення металів, для яких можна використати кисневий різак з метою проведення різання.
- 5 Вивчення схеми різаків нових типів.
- 6 Ознайомлення зі схемою установки для киснево-флюсового різання.
- 7 Оформлення звіту.

Короткі відомості з теорії

Газокисневе різання полягає у спалюванні металу в струмені кисню і вилученні цим струменем оксидів, що утворюються.

За характером і спрямованістю кисневого струменя розрізняють такі способи різання:

- 1) роздільне різання – ріжучий струмінь спрямований нормально до поверхні металу і прорізує його на всю товщину;
- 2) поверхневе різання – ріжучий струмінь спрямований під дуже малим кутом до поверхні металу і забезпечує його грубе

стругання або обдирання. Цим способом вилучають поверхневі дефекти виливків.

При проведенні різання метал нагрівається в початковій точці різання, підігріваючись ацетилен-кисневим полум'ям. Щоб відбувалось різання металу, необхідно додержуватись таких умов:

1 Температура горіння металу повинна бути нижчою від температури плавлення. Ці умови задовольняють сталі з вмістом вуглецю до 0,7 %.

2 Температура плавлення оксидів повинна бути нижчою від температури плавлення. Чавун, мідь і алюміній не задовольняють цю умову:

- $t_{\text{ПЛАВЛ}} \text{Cu} - 1089 \text{ } ^\circ\text{C}$, оксиду міді – $1230 \text{ } ^\circ\text{C}$,
- $t_{\text{ПЛАВЛ}} \text{Al} - 660 \text{ } ^\circ\text{C}$, оксиду алюмінію – $2050 \text{ } ^\circ\text{C}$.

3 Метал повинен мати якомога нижчу теплопровідність. Так, наприклад, теплопровідність міді в 6 раз більша, ніж у сталі. Тому для різання міді необхідне дуже концентроване джерело тепла.

4 Кількість тепла, що виділяється при згоранні металу, повинна бути достатньою для підтримання безперервного процесу різання.

Ацетиленовий різак відрізняється від зварювального пальника наявністю додаткової системи каналів і трубок, по яких підводиться ріжучий кисень (рисунок 2.1).

Різак має два ніпелі – кисневий 12 і ацетиленовий 11. Ніпелі приєднуються гайками до штуцерів рукоятки 10 різака.

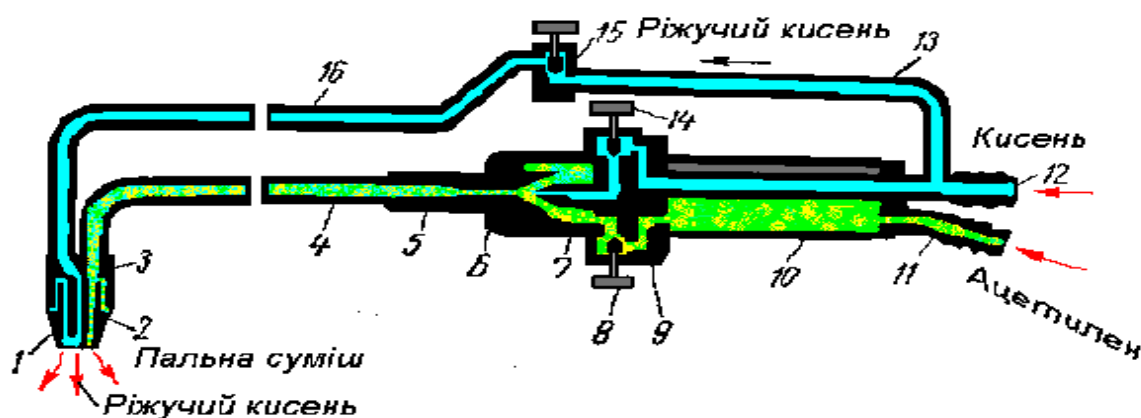


Рисунок 2.1 – Ацетиленовий різак

Кисень по трубці 13 подається до вентиля 15 та далі по трубці 16 потрапляє в головку різака 3 і виходить через центральний канал внутрішнього мундштука 1, утворюючи струмінь кисню.

Другий шлях кисню – через вентиль 14 у центральний канал інжектора 7. Тут кисень, проходячи з великою швидкістю, підсмоктує ацетилен, кількість якого регулюється вентилям 8. Інжектор 7 і вентиля 14 і 8 знаходяться в корпусі 9 різака.

У змішувальній камері 5 кисень змішується з ацетиленом і далі пальна суміш по трубці 4 поступає до головки різака, і проходячи через зазор між зовнішнім мундштуком 2 та внутрішнім 1, згорає, утворюючи полум'я.

Спочатку різак діє як зварний пальник і тільки після нагрівання металу в місті розрізу відкривають вентиль, і ріжучий кисень, проходячи через канал, створює струмінь, який окиснює метал і видуває оксиди, що утворюються в процесі різання.

Кисневе різання може бути ручним і машинним. Для ручного різання характерна невисока чистота і точність поверхні різання.

Машинне різання використовується при серійному виготовленні деталей і забезпечує високу якість поверхні.

Завод автогенного обладнання ДОНМЕТ, заснований у 1990 р., випускає нові типи серійних різаків, які наведені на рисунках 2.2-2.5.

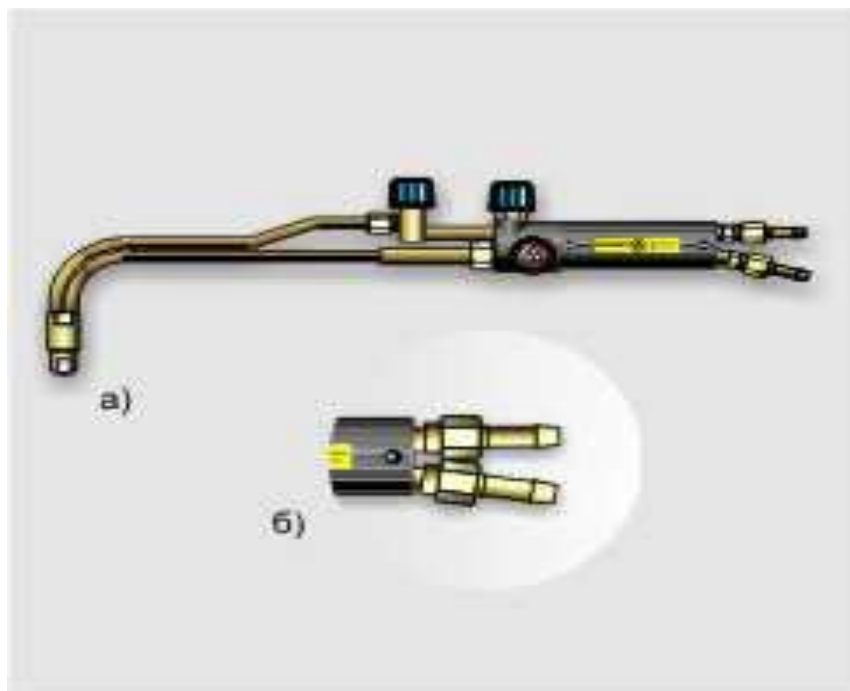


Рисунок 2.2 – Різак Р1 «Донмет» 142

Різак Р1 «Донмет» 142. Товщина розрізу до 100 мм. Пальний газ: ацетилен (А) або пропан – бутан (П). Вага різачка – 0,68 кг. Довжина різачка – 480 мм.

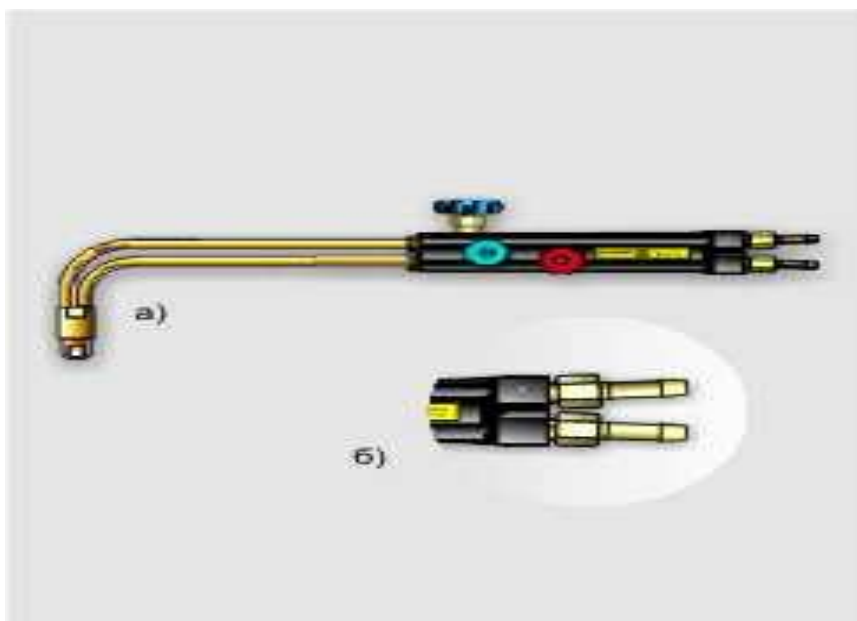


Рисунок 2.3 – Різак Р1 «Промінь» 145

Різак Р1 «Промінь» 145. Товщина розрізу до 100 мм. Пальний газ: ацетилен (А) або пропан – бутан (П). Вага різачка – 0,76 кг. Довжина різачка – 460 мм.

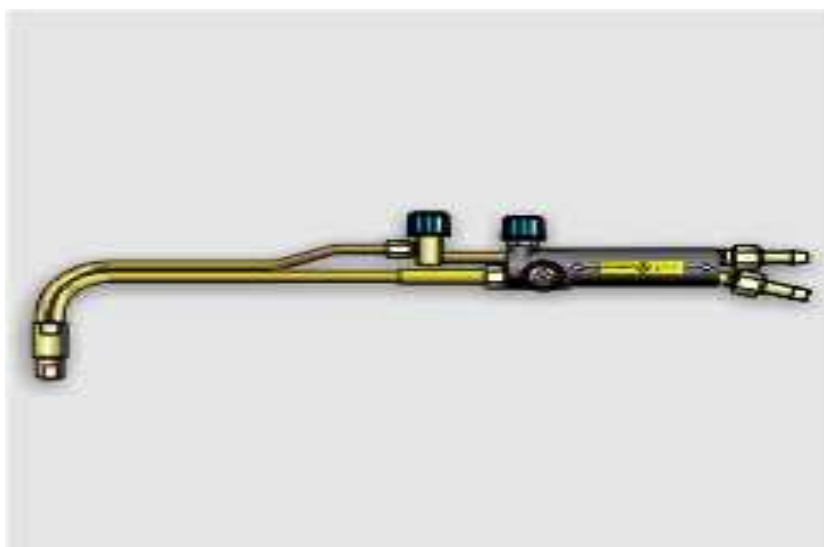


Рисунок 2.4 – Різак Р3 «Донмет» 300

Різак РЗ «Донмет» 300. Товщина розрізу до 300 мм. Пальний газ: ацетилен (А) або пропан – бутан (П). Вага різачка – 0,8 кг. Довжина різачка – 530 мм.

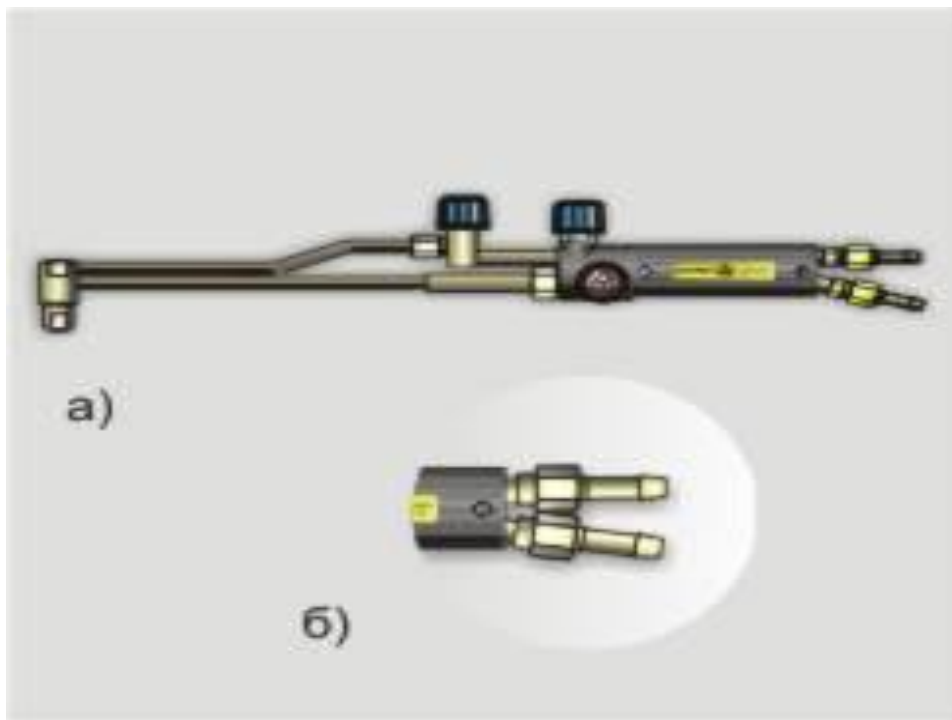


Рисунок 2.5 – Різак РЗ «Промінь» 344/347

Різак РЗ «Промінь» 344/347. Товщина розрізу до 300 мм. Внутрішнє соплове змішування газів. Пальний газ: ацетилен, пропан – бутан, метан. Вага різачка – 0,97 кг. Довжина різачка – 500 мм або 900 мм. Виконання: важільне регулювання рисунок 2.5, (а), вентильне регулювання ріжучого кисню рисунок 2.5, (б).

Для сплавів, у яких на поверхні утворюється тугоплавка плівка (нержавіюча сталь, чавун, мідні сплави), неможливо використати кисневе різання. Для таких сплавів застосовуються киснево-флюсове різання.

Суть киснево-флюсового різання полягає в тому, що в зону різання разом з ріжучим киснем подається порошковий флюс, який складається з заліза (до 95 %), кварцового піску (2 %) та інших добавок. Порошок заліза згорає в струмені кисню і виділяє додаткове тепло, завдяки якому розплавляються тугоплавкі оксиди. Крім того, оксиди заліза, сплавляючись з оксидами металу, що підлягає різанню, утворюють легкоплавкий і

рідкотекучий шлак, який легко вилучається з поверхні металу і тим самим відкриває доступ до неї кисню (рисунок 2.6).

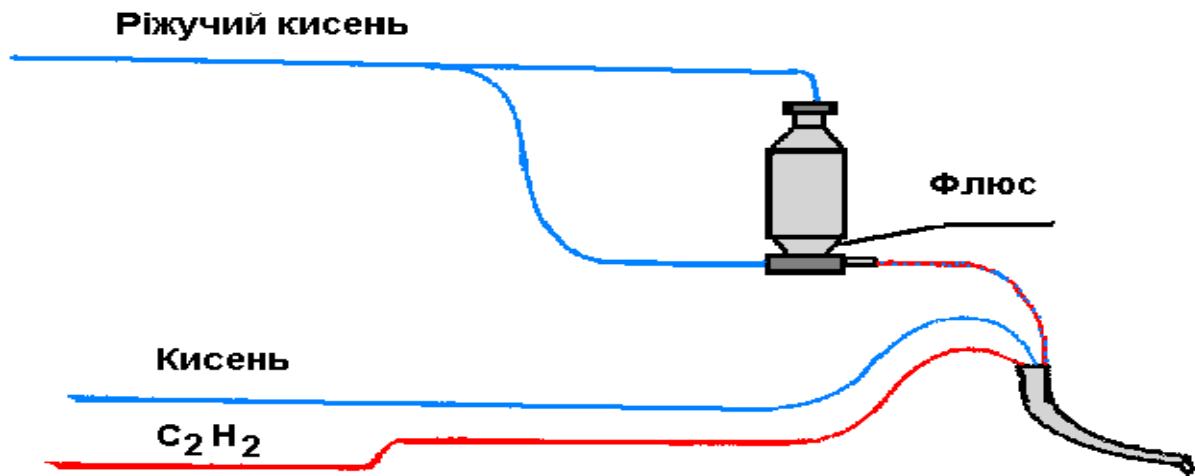


Рисунок 2.6 – Схема установки для киснево-флюсового різання

Контрольні питання

- 1 У чому полягає суть кисневого різання металів?
- 2 Які способи різання ви знаєте?
- 3 Які вимоги висуваються до металів, що підлягають термічному різанню?
- 4 Чим кисневий різак відрізняється від пальника?
- 5 Описати улаштування кисневого різака?
- 6 У яких випадках проводиться киснево-флюсове різання і в чому полягає його суть?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Сологуб, М. А. Технологія конструкційних матеріалів, [Текст] / М. А. Сологуб. – К., 1993. – 299 с.

2 Акулов, А. Н. Технология и оборудование сварки плавлением [Текст] / А. Н. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Дяменцевич. – М. : Машиностроение, 2007. – 432 с.

3 Прейс, Г. А. Технология конструкционных материалов, [Текст] / Г. А. Прейс. – К., 1994. – 352 с.

4 Биковський, О. Г. Довідник зварника [Текст]: навч. посібник / О. Г. Биковський. – К. : Основа, 2014. – 448 с.

5 Быковский, О. Г. Сварка и резка цветных металлов [Текст]: учеб. пособие / О. Г. Быковский. М. : Альфа-М : НИЦ Инфра-М, 2014. – 336 с.

6 Александров, О. Г. Джерела живлення для дугового зварювання та наплавлення [Текст]: навч. посібник / О. Г. Александров. – Львів : Новий світ, 2013. – 224 с.

7 Быковский, О. Г. Справочник сварщика [Текст]: учеб. пособие / О. Г. Быковский. – М. : Машиностроение, 2011. – 336 с.

Додаток А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Назва		Вага пласти-ни, г	Продуктивність електричної дуги зварювання Q, кг/год	Коефіцієнт наплавлення $L = \frac{Q}{I}$, г/А·год	Довжина недогарку $L_{\text{недог}}$, мм	Втрати електродного металу		
									Тип покриття електрода	Сила струму А, I					Довжина електрода $L_{\text{ел}}$, см	Загальні витрати електродів, $Q_{\text{ел}}$, г	До наплавлення, Q1

