

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Запорізький національний технічний університет**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторної роботи №10

з дисципліни “Газополуменева обробка при ремонті” для студентів  
освітньої програми «Відновлення та підвищення зносостійкості  
деталей і конструкцій» усіх форм навчання

2016

Методичні вказівки до лабораторної роботи №10 з дисципліни  
“Газополуменева обробка при ремонті” для студентів освітньої  
програми «Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і  
конструкцій» усіх форм навчання / Укл. О.Є. Капустян, С.П. Бережний.  
– Запоріжжя: ЗНТУ, 2016 – 14 с.

Укладачі: О.Є. Капустян, старш. викладач,  
С.П. Бережний, канд. техн. наук, доцент.  
Рецензент: А.О. Шумілов, канд. техн. наук, доцент  
Відповідальний за випуск: О.Є. Капустян

Затверджено  
на засіданні кафедри ОТЗВ  
Протокол № 7 від 26.04.2016

Затверджено  
на засіданні НМК ІФФ  
Протокол № 9 від 12.05.2016

**ЗМІСТ**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                         | 4  |
| 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....         | 9  |
| 2 МЕТА РОБОТИ.....                 | 12 |
| 3 ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ.....        | 12 |
| 4 МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ.....     | 12 |
| 5 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ .....  | 13 |
| 6 ЗМІСТ ЗВІТУ .....                | 13 |
| 7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ .....       | 13 |
| 8 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ..... | 14 |
| ЛІТЕРАТУРА .....                   | 14 |

## ВСТУП

Терміном «газополуменева обробка», прийнятим у 50-х роках минулого століття замість терміну «автогенна обробка», за визначенням академіка Л. М. Лобанова, позначають технологію газового зварювання і паяння металів, газового наплавлення й різання - розділового та поверхневого, технологію термічної правки елементів металоконструкцій після їх зварювання та проведення низько- і високотемпературного нагрівання виробів перед зварюванням, під час її проведення або після закінчення, а також технологію киснево-флюсового різання аустенітних сталей і чавуну.

Перші спроби застосування для зварювання та різання горючих газів у суміші з киснем відносяться до початку ХХ-го століття. Створенню газового зварювання та різання сприяли дослідження процесів горіння газових сумішів французьким вченим Анрі Луї Ле Шательє. У 1895 р. він доповів французької академії наук про отримання ним високотемпературного полум'я (понад 3000° С) при спалюванні ацетилену і кисню. Ацетилен був відкритий ще в 1836 р., а в 1863 р. був синтезований М. Бертло. Однак доступним технічним продуктом став лише після того, як у першій половині 90-х років ХІХ століття хіміки Муассан у Франції і Вільсон в Америці знайшли спосіб приготування карбіду кальцію з вапняку й вугілля.

Перший ацетилено-кисневий зварювальний пальник сконструювали французькі інженери Едмон Фуше і Шарль Пікар, які отримали на неї патент Німеччини в 1903 році. Запропоновані ними конструкції газозварювальних пальників принципово майже не змінилися до теперішнього часу.

Промислові підприємства почали застосування ацетилено-кисневе зварювання з 1906 року, коли з'явилися досить надійні конструкції ацетиленових генераторів. Хоча вже тоді було відоме дугове електрозварювання, розроблене російськими вченими М.М. Бенардосом і М.Г.Славяновим, газове полум'я отримало широке розповсюдження для зварювання технологічного обладнання, газопроводів та ін. конструкцій.

У 1904р. у Франції була виявлена можливість використання ацетилено-кисневого пальника для різання металів, а в 1908 – 1909 рр.

у Франції і в Німеччині були проведені перші успішні дослідження з кисневого підводного різання. У наступні 5 - 9 років було отримано кілька патентів в цій галузі та розроблені промислові конструкції різаків для підводного різання.

У 1917р. французьке зварювальне суспільство, після значних удосконалень різача для підводного кисневого різання, передало цей процес для експлуатації у флоті. Незабаром підводне кисневе різання стала застосовуватися у флотах Америки та Англії.

У Росії газове зварювання стало відоме імовірно в 1905 році, в 1906 р. воно вперше демонструвалося в Московському технічному училищі, після чого, з огляду на його портативності і невисокої вартості апаратури, інтенсивно почалося його промислове освоєння, що призвело до тимчасового зниження інтересу до електродугового зварювання. Проте невеликі обсяги виробництва кисню, карбіду кальцію і газозварювальної апаратури істотно гальмували застосування газового зварювання та різання металів в Росії.

На початку XX ст. газове зварювання та різання в Росії використовувалася дуже обмежено при ремонті виробів з низьковуглецевої сталі, міді й чавуну на ряді заводів, наприклад на Іжорському в Петербурзі, виправлення браку лиття та зварювання деяких невідповідальних конструкцій у невеликих майстернях, головним чином залізничних. При цьому використовувалася апаратура та матеріали, що ввозяться з-за кордону. У 1911р. комісія при Міністерстві торгівлі та промисловості допустила газове зварювання для виготовлення парових котлів, дозволивши зварювання деяких невідповідальних частин котла.

Більш інтенсивний розвиток у Росії газове зварювання отримало в період першої світової війни. У цей час Петроградський технологічний інститут організував особливу школу «свинцево-паяльної справи і автогенного зварювання». Професор інституту В.Я. Курбатов написав для цієї школи спеціальну книгу (останнє видання - у 1918 році), яка містила необхідні практичні і технічні вказівки. Починаючи з цього часу і аж до 30-х років, газове зварювання займає провідне становище в зварювальному виробництві Росії, а, відтак, і СРСР. Оскільки на той час вона забезпечувала найбільш високоякісні зварні з'єднання, то з її допомогою виконувалися всі відповідальні роботи. Наприклад, всі магістральні нафтопроводи і продуктопроводи в СРСР у 1926 - 1935 роки виконувалися газовим зварюванням.

Початок промислового виробництва газозварювальної апаратури в СРСР припадає на 1927 - 1928гг. після створення у 1926р. російсько-американського змішаного акціонерного товариства «Рагаз», в рамках якого в місті Росток був пущений в експлуатацію цех, що випускав пальники, різакі і редуктори.

У 1931р. на базі автогенного комітету та підприємств акціонерного товариства «Рагаз» був створений Всесоюзний автогенний трест (ВАТ), який розгорнув будівництво нових підприємств з виробництва зварювальної апаратури. Зокрема, був швидко побудований найбільший у країні цех виробництва апаратури для газового зварювання та різання - пальників, різаків, редукторів, вентилів, ацетиленових генераторів - на Московському автогенному заводі № 1. Розширено виробництво карбіду кальцію, кисню і ацетилену на ленінградському заводі «Червоний автоген» № 1. Протягом 1933 – 1934рр. остаточно припинилося ввезення автогенної апаратури. До цього ж часу відносяться великі дослідження в області автогенного зварювання та різання М.М. Клебанова, роботи якого зберегли велике значення до теперішнього часу.

Після того як в техніку дугового зварювання почали широко впроваджуватися товстопокриті електроди, з'явилися нові способи дугового зварювання, розроблені досконалі і високопродуктивні машини для контактного зварювання, газове зварювання поступово почало витіснятися на багатьох виробництвах електричним зварюванням. Тепер на перше місце висувається кисневе різання. У 30-х роках у зв'язку з дефіцитом карбіду кальцію широке поширення отримала різання з використанням рідких горючих, спочатку бензину, а згодом, головним чином, гасу. До цього періоду відноситься і виникнення механізованого кисневого різання.

Новий сплеск розвитку газополуменової обробки металів припадає на період другої світової війни та післявоєнні роки. Зокрема в СРСР у роки Великої Вітчизняної війни виникли нові підприємства з випуску автогенного обладнання, такі як Барнаульський апаратурно-механічний завод, Свердловський автогенний завод № 2.

У 1944р. створений спеціалізований Всесоюзний науково-дослідний інститут автогенної обробки металів - ВНПАвтоген (нині ВНПАвтогенмаш). Діяльність інституту спрямована на науково-теоретичне вивчення існуючих технологічних процесів та розробку нових, їх механізацію та автоматизацію. За роки свого існування

інститут розробив кілька десятків нових прогресивних технологічних процесів і технологічних матеріалів для газотермічного наплення, газополуменового зварювання, різання, наплавлення, паяння, загартування і нагріву. Створив кілька сотен нових газорізальних машин, установок для наплавлення, паяння і загартування, генераторів та іншого обладнання для виробництва ацетилену, пальників, різаків, редукторів, металізаційних апаратів і т.п.

Крім ВНПАвтогенмаша питаннями газополуменової обробки займалися інші науково-дослідні організації, наприклад зварювальні лабораторії МВТУ ім. М.Е. Баумана, Київського і Ленінградського політехнічних інститутів, ЦНДІ Міністерства шляхів сполучення, базові зварювальні лабораторії при деяких великих промислових підприємствах та галузевих інститутах.

У повоєнні роки створена спеціальна галузь промисловості - автогенні машинобудування, в рамках якої був побудований одеський завод «Автогенмаш», який почав видавати продукцію у 1952р. На Воронезькому експериментальному заводі автогенного машинобудування був організований випуск ацетиленових генераторів і обладнання для отримання розчиненого ацетилену. Пізніше автогенну апаратуру почав випускати Кірово-Аканський завод автогенного машинобудування, також побудований в рамках галузі автогенного машинобудування.

В результаті проведених наукових досліджень збільшується кількість процесів газополуменової обробки. Крім кисневого різання і газового зварювання, отримали розвиток і багато інших процесів газополуменової обробки: металізація, наплавлення, поверхневе загартування, наплення і зварювання пластмас, газополуменове паяння та ін. Але домінуюче значення, як і раніше, має киснева різка.

У перші повоєнні роки широко стало впроваджуватися різання з використанням пропан-бутану та природного газу, а в кінці 40-х років були розроблені і впроваджені у виробництво способи киснево-флюсового різання.

Період після 50-х років характеризується в основному якісними змінами в технології та обладнанні для газополуменової обробки. Особливо інтенсивно розвивається механізація і автоматизація процесів різання металу. Створюються машини для газокисневого різання, розробляються нові різновиди процесів та обладнання для киснево-флюсового різання, безгратового різання, різання киснем

низького тиску, суцільної вогневої зачистки прокату й різання гарячої сталі в металургії, газофлюсового зварювання та наплавлення, «низькотемпературної» паяння-зварювання чавуну і кольорових металів і т.п.

Дуже бурхливо розвиваються механізація і автоматизація процесів газополуменової обробки металів, в першу чергу це стосується процесів газокисневого різання. Найбільших успіхів у цьому домоглися такі країни, як Японія, ФРН, США. З початку 70-х років минулого століття на великих промислових підприємствах широко починають використовуватися газорізальні машини з числовим програмним управлінням. Вони дозволяють виробляти високоточне різання під зварювання і механообробку заготовок будь-якої конфігурації і складності, з постійною повторюваністю розмірів і мінімальними відхиленнями цих розмірів від номіналу, а також чистотою поверхні різі, порівнянної з цими ж параметрами при механообробці.

Істотним внеском у вирішення проблеми якісних показників кисневого різання є розроблений в кінці 60-х - початку 70-х років новий спосіб різання «змив-процесом». На цьому принципі розроблені спеціальні багатоструменеві різакі, що поєднують в собі переваги способу швидкісного різання з одночасним підвищенням чистоти поверхні різі. При різанні «змив-процесом» швидкість різання в 1,5 - 2 рази вище, ніж при звичайному різанні, а чистота поверхні відповідає 5 - 6 класу чистоти (Ra - 1,6).

У 50 - і роки кафедрою зварювального виробництва Київського політехнічного інституту проводяться дослідження газодинаміки кисневого струменя, які привели до розробки нової технології різання киснем низького тиску (0,1 - 0,4 МПа), що дозволяє різати метал товщиною до 1,5 - 2 м.

Широкий розвиток в 50-ті - 60-ті роки отримало різання в металургії, де воно використовується для обробки великих перерізів та поверхневого різання металу, а також обробки металу, нагрітого до температури 500 - 1000° С. Вивчення механізму утворення канавок при поверхневому різанні призводить до розробки технологічного процесу суцільного вогневого зачищення поверхні гарячого прокату в потоці прокатки зі швидкістю 30 - 50 м/хв. Дослідження основних закономірностей процесу кисневого різання гарячої сталі закінчуються розробкою технології та апаратури для різання

заготовок у процесі безперервного розливання сталі і відрізання прутків на відливках з високолегованої сталі

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Процес кисневого різання полягає в інтенсивному окисленні (спалюванні) нагрітого металу в струмені чистого кисню й видаленні продуктів згорання із зони розрізу кінетичною енергією кисневого струменю.

Інтенсивність процесу окислення, а значить, і продуктивність кисневого різання залежить від потужності підігрівального полум'я, тиску, витрати ріжучого кисню й чистоти його.

Стійкого процесу різання і високої якості кромок без значного відставання й зашлаковування зони розрізу можна досягти тільки тоді, коли швидкість переміщення різача по лінії розрізу відповідає швидкості окислення металу по товщині розрізуваного листа або заготовки. Дуже мала швидкість різання призводить до оплавлення верхніх кромок, а дуже велика дає значне відставання, непрорізані до кінця ділянки, порушення процесу різання й малу точність заготовок, що вирізаються. Максимальну швидкість різання можна розрахувати за формулою, мм/хв.

$$w_{\text{різ}} = \frac{40000}{50 + d},$$

де  $d$  – товщина сталі, що розрізається, мм.

Щоб одержати якісні розрізи, розраховані за формулою швидкості мають бути занижені на 10 – 40 %. Потужність підігрівального полум'я залежить від товщини сталі, що розрізається. Залежно від товщини металу, що розрізається визначають витрату горючого газу в кубічних метрах за годину і номер зовнішнього накієчника.

Для різання металу завтовшки 5 – 100 мм витрату ацетилену для підігрівального полум'я беруть 0,4 – 0,6 м<sup>3</sup>/год.

Тиск (витрата) кисню залежить від товщини розрізуваного металу, форми ріжучого сопла й чистоти кисню. Недостатній тиск спричинюється до сповільнення процесу різання, утворення натеків шлаку зі зворотного боку кромок, зашлаковування розрізу й непрорізання металу на всю товщину. Дуже великий тиск призводить до підвищення витрати кисню, охолодження металу й сповільнення або порушення процесу. Крім того, підвищений тиск кисню надає конусності ріжучому струменю, а поверхні кромок, розрізають – значної неперпендикулярності. Витрату й тиск кисню встановлюють залежно від товщини металу й способу різання шляхом вибору відповідного номера внутрішнього мундштука.

Основні характеристики якості при роздільному кисневому різанні – глибина й викривлення борозенок, неперпендикулярність поверхні розрізу до площин, що обмежують поверхню виробу, стан верхньої кромки (ступінь округлення її), характер шлаку і ступінь зчеплення його з поверхнею розрізу, зокрема, із нижньою кромкою (із погляду легкості видалення).

Неперпендикулярність кромок розрізу зумовлена порушенням форми струменя ріжучого кисню, зменшенням його чистоти й кінетичної енергії в міру проходження через порожнину розрізу. Неперпендикулярність кромок оцінюється кутом  $\alpha$ , значення якого обчислюють із співвідношення

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_v - B_n}{2d}$$

де  $B_v$ ,  $B_n$  – ширина розрізу відповідно у верхній і нижній кромці листа, мм;

$d$  - товщина листа, що розрізається, мм.

Відставання – це відхилення кисневого струменя й поверхні окислення металу в зоні розрізу від вертикалі в сторону, зворотну напрямові переміщення різачка. Відставання виникає через невідповідність швидкості переміщення різачка вздовж лінії розрізу й швидкості окислення металу по товщині деталі. Цю величину можна візуально визначити за викривленням борозенок на поверхні розрізу або за величиною відхилення поверхні в зоні окислення металу при раптовому припиненні подачі ріжучого кисню.

Відставання, як і інші показники якості розрізу, залежить від таких чинників:

- а) швидкості різання;
- б) чистоти ріжучого кисню;
- в) форми сопла й тиску ріжучого кисню.

Із збільшенням швидкості різання відставання збільшується. При відносно малій товщині металу й зниженій швидкості різання відставання практично не відбувається. При великій товщині металу, навіть при знижених швидкостях різання, відставання завжди буває більшим. Водночас відносне відставання (тобто відношення відставання до товщини металу, що розрізається) зменшується. Так, для товщини 100 мм воно становить 25 %, а для 60 мм – усього 15 %.

Найповніше потенціальна енергія газу перетворюється на кінетичну в розширених соплах, у яких, при відповідній довжині каналу й куту розширення  $10 - 11^\circ$ , швидкість витікання струменя є надзвуковою, а ріжучий струмінь – циліндричним. У цьому разі у верхніх і нижніх шарах сталі, що розрізається метал окислюється рівномірно. Ширина розрізу виходить однаковою, а відставання – мінімальним. Циліндричні сопла дають меншу швидкість витікання струменя, і він виходить розширеним донизу, що визначає, менш інтенсивний процес різання. Із збільшенням тиску ріжучого кисню до певного значення відставання зменшується, а потім знову збільшується через погіршення форми струменю і збільшення інтенсивності його охолоджувальної дії. Чистота кисню значною мірою впливає на якість різання. Відставання при зменшенні чистоти кисню на 1 – 2 % збільшується на 15 – 30 %. Щоб зберегти якість поверхні розрізу при зниженні чистоти кисню, потрібно зменшити швидкість різання при одночасному збільшенні його питомої витрати.

При малих швидкостях чистота кисню позначається неістотно, а із збільшенням швидкості різання зниження чистоти ріжучого кисню позначається більшою мірою.

Можливості збільшення швидкості різання збільшенням чистоти ріжучого кисню не безмежні, бо тепер кисень, застосовується має чистоту не менш, як 99,8 %.

Для виконання лабораторної роботи з кисневого різання металів використовують газорізальну машину Мікрон-2.

Установивши потрібні параметри режиму, вмикають подачу кисню, ацетилену й запалюють підігрівальне полум'я. Різак підводять

до кромки листа, що розрізається й після нагрівання металу до температури займання вмикають подачу ріжучого кисню, а потім привод переміщення машини.

Щоб припинити різання, вимикають ріжучий кисень, зупиняють машину й перекривають подачу ацетилену та підігрівального кисню. Якість різання оцінюють за величиною відставання й неперпендикулярності кромок.

## **2 МЕТА РОБОТИ**

Вивчити техніку й технологію кисневого роздільного різання металів, дослідити вплив швидкості різання та тиску ріжучого кисню на якість розрізу.

## **3 ПІДГОТОВКА ДО РОБОТИ**

Готуючись до лабораторної роботи, потрібно вивчити правила безпечного виконання газорізальних робіт, засвоїти суть процесу й технологію кисневого різання металів.

До заняття слід підготувати загальну частину звіту, в якій навести назву роботи, мету її, методику проведення.

## **4 МАТЕРІАЛИ ТА ОБЛАДНАННЯ**

1. Газорізальна машина "Мікрон-2",
2. Ацетиленокисневі різакі,
3. Пластини з низьковуглецевої сталі завтовшки 20 – 60 мм,
4. Міліметрова лінійка,
5. Штангенциркуль,
6. Секундомір

## 5 МЕТОДИКА ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1 Розрахувати максимальну швидкість різання металу заданої товщини, вибрати змінні мундштуки й установити тиск ріжучого кисню в межах 0,5 МПа.

2 Налаштувати газорізальну машину.

3 Виконати машинне різання сталі заданої товщини при оптимальному тиску кисню на швидкості, зменшеній на 50, 30 і 10 % порівняно з розрахунковою.

4 Виміряти відставання й неперпендикулярність кромки на виконаних розрізах і оцінити якість їх.

5 Виконати два розрізи на швидкості, зменшеній на 30 % порівняно з розрахунковою при тисках кисню на 0,2 МПа нижчому і 0,2 МПа вищому від оптимального.

6 Оцінити якість розрізів при рівному тиску кисню за їх зовнішнім виглядом, величиною відставання й неперпендикулярності кромки.

## 6 ЗМІСТ ЗВІТУ

1 Викласти мету й суть роботи.

2 Описати проведені дослідження, охарактеризувати якість одержаних розрізів.

3 За результатами дослідів побудувати залежності величини відставання й неперпендикулярності кромки від швидкості й тиску ріжучого кисню.

## 7 КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Суть процесу кисневого різання металів.
2. Які чинники впливають на інтенсивність процесу різання?
3. Якими показниками характеризується якість різання і

як вона залежить від параметрів режиму?

4. Як впливає чистота ріжучого кисню на якість і продуктивність процесу різання?

## **8 ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ**

1 Роботи з газового різання виконують на спеціально обладнаному робочому місці при ввімкненій місцевій витяжній вентиляції.

2 Корпус машини і робочий стіл поста мають бути заземлені.

3 Роботи виконують тільки в захисних окулярах і захисному спецодязі.

4 У процесі виконання роботи поблизу робочого місця не повинні знаходитись легкозаймисті предмети.

5 Вмикати й вимикати різак слід суворо згідно з інструкцією. Усі досліди провадити під наглядом майстра або лаборанта.

6 При вмиканні подачі ріжучого кисню й виконанні різальних робіт не можна перебувати за машиною з боку зворотного напрямку руху. У разі виникнення непрорізання в цей бік можливий викид продуктів горіння металу.

7 У разі виникнення зворотного удару перекрити ацетиленовий вентиль, потім кисневі, продути різак і здійснити повторно запалювання різака та процес різання.

8 Ставити та поправляти пластини-зразки тільки в брезентових рукавицях. Гарячі зразки брати тільки плоскогубцями.

9 Після закінчення роботи перекрити вентилі на різаку й трубопроводах.

## **ЛІТЕРАТУРА**

1. Петров Г. П., Буров Н. Г., Абрамович В. Ф. Технология и оборудование газопламенной обработки металлов. – Л.: Машиностроение, 1978. – 277 с.