

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

МЕТАЛИ І ЗВАРЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
за освітньо-професійною програмою
«Промислове і цивільне будівництво»

Київ 2023

УДК 621.791
М54

Укладачі: В.О. Шаленко, канд. техн. наук, доцент;
Б.В. Корнійчук, канд. техн. наук, доцент;
А.А. Маслюк, асистент

Рецензент Д.А. Паламарчук, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск К.І. Почка, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри професійної освіти,
протокол № 3 від 28 вересня 2023 року.*

В авторській редакції.

Метали і зварювання у будівництві: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / уклад.: В.О. Шаленко, Б.В. Корнійчук, А.А. Маслюк. – Київ: ЦП «Компринт», 2023. – 60 с.

Містять загальні положення основ металознавства і основних видів зварювання, короткі теоретичні відомості для виконання лабораторних робіт, порядок їх виконання, а також контрольні запитання.

Призначено для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Промислове і цивільне будівництво»

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1 Вивчення методів вимірювання твердості металів	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2 Мікроструктурний аналіз сталей і чавунів у рівноважному стані	10
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 Термічна обробка вуглецевих сталей (на прикладі сталі 45).....	18
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 Ручне дугове зварювання	31
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 Напівавтоматичне і автоматичне дугове зварювання	37
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7 Контактне електричне зварювання	44
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8 Газове зварювання і різання металів..	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	59

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Виконання передбачених у методичних вказівках лабораторних робіт має за мету поглибити знання і вміння студентів, майбутніх фахівців інженерів-будівельників, які навчаються за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» за освітньо-професійною програмою «Промислове і цивільне будівництво», у галузі металознавства та основ зварювального виробництва.

Металознавство є теоретичною і практичною основою всіх технологічних процесів, а зварювання є одним із основних процесів, що застосовується в будівництві.

Дисципліна «Метали і зварювання у будівництві» має на меті підготувати майбутніх інженерів-будівельників до правильного використання конструкційних матеріалів, їх зварювання та інших технологічних процесів в будівництві.

Завдання дисципліни полягає у освоєнні структурної будови конструкційних матеріалів, силові та термічні методи впливу на фазові і структурні зміни складу, а також взаємозв'язок фізико-механічних властивостей із фазово-структурною будовою матеріалів; основні види зварювання та інші технологічні процеси виготовлення деталей і конструкцій.

Номенклатура будівельних робіт охоплює найбільш розповсюджені види зварювання. Лабораторні роботи виконують в лабораторіях металознавства і зварювання, які мають усе необхідне обладнання і прилади.

Методичні вказівки написано за одною схемою. У кожній з них вказано мету роботи, перелік обладнання і матеріалів, стислі теоретичні відомості, хід роботи і контрольні запитання. Така побудова лабораторних робіт сприяє найкращому засвоєнню матеріалу студентами.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Вивчення методів вимірювання твердості металів

Мета роботи: ознайомитися з методами і набути практичний досвід з визначення твердості.

1. Основні теоретичні положення

Твердістю називають властивість матеріалу чинити опір пластичній деформації за контактної взаємодії іншого, більш твердого тіла, індентора з поверхневими шарами.

Застосовують такі методи визначення твердості: вдавлювання, дряпання, відскокування бойка, коливання маятника. Найбільш поширеним є метод вдавлювання інденторів різної форми і за різних навантажень. Твердість, яка виявлена вдавлюванням **індентора** (наконечника: кулька, конус або піраміда) дає уявлення про опір пластичній деформації (рис. 1.1).

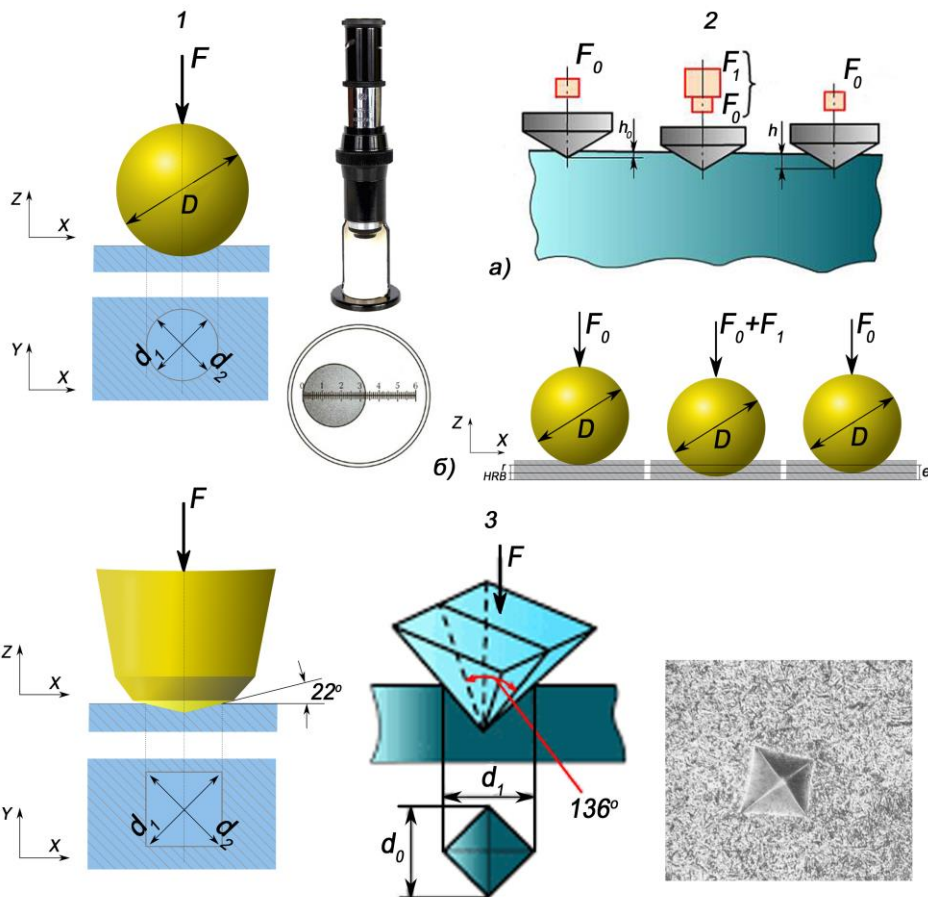


Рис. 1.1. Схеми випробувань на твердість

1 – метод Брінелля (вимірювання діаметра відбитка лупою з поділками (мікроскоп);
2 – метод Роквелла: а – алмазним конусом; б – сталеву кулькою; 3 – метод Віккерса

Позначають твердість літерою H (нім. *die Harte* – твердість) з відповідним позначенням методу: **Брінелля** – HB , **Роквелла** – HR , **Віккерса і мікротвердість** – HV .

1.1. Метод Брінелля заснований на тому, що випробування твердості проводять на спеціальному пресі, вдавлюючи в досліджуваній метал сталеву загартовану кульку діаметром D , зусиллям F (рис. 1.1,1). Після зняття навантаження вимірюють діаметр d відбитка кульки, який залишається на поверхні металу у вигляді сферичного сегмента. Твердість за Брінеллем HB визначають за формулою:

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}. \quad (1.1)$$

де S – площа поверхні утвореного шарового сегмента, мм^2 , який розраховують за формулою $S = \pi \cdot D \cdot h$, де D – діаметр кульки; h – глибина відбитка.

Визначаючи твердість за Брінеллем кульками різних діаметрів 10, 5 і 2,5 мм. Частіше використовують кульку діаметром 10 мм.

При випробуванні твердості сталі і чавуну використовують $D = 10$ мм і $F = 30$ кН, при випробуванні алюмінію, міді, нікелю та їх сплавів $D = 10$ мм і $F = 10$ кН, а при випробуванні м'яких металів (Pb, Sn та їх сплавів) $D = 10$ мм і $F = 2,5$ кН.

Таблиця розрахована на діаметр кульки $D = 10$ мм. Якщо твердість визначають за допомогою кульок діаметром 5 або 2,5 мм, то, відповідно, діаметр відбитка слід помножити на 2 або 4. Наприклад, якщо в результаті випробувань за допомогою кульки діаметром 5 мм отриманий відбиток дорівнює діаметру 1,65 мм, то для визначення твердості необхідно: $1,65 \times 2 = 3,30$ мм і за цим значенням діаметра відбитка знайти твердість.

Товщина металу під відбитком повинна бути не меншою від десятикратної глибини відбитка, а відстань від центра відбитка до краю зразка має становити не менше D .

Діаметр відбитка вимірюють у двох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою мікроскопа, який має на лінзі об'єктива відрахункову шкалу (рис. 1.1,1). Підраховують середньоарифметичну величину HB і за таблицею Брінелля визначають твердість.

Метод Брінелля використовують для матеріалів, які мають обмежену твердість (до 4500 МПа), що пов'язано з можливістю деформування сталеві кульки – індентора. Числові значення твердості матеріалів

залежно від діаметра відбитка розраховані і зведені до спеціальної таблиці Брінелля.

1.2. Метод Роквелла заснований на тому, що випробування твердості проводять вдавлюванням алмазного конуса з кутом при вершині 120° (рис. 1.1, 2 а) або сталеві кульки діаметром 1,588 мм (рис. 1.1, 2 б) в поверхню зразка металу. Після зняття навантаження глибина лунки визначається автоматично. Поверхню зразка перед випробуванням шліфують. Зразок встановлюють на предметний стіл приладу і навантажують спочатку попереднім навантаженням $F_0 = 100$ Н, що відмічається за шкалою індикатора встановленням маленької стрілки проти червоної крапки на циферблаті. Після цього суміщають нуль чорної шкали з великою стрілкою і вмикають систему повного навантаження. Після автоматичного навантаження і зняття основного навантаження велика стрілка показує твердість на певній шкалі.

Методом Роквелла твердість вимірюється в умовних одиницях за шкалою приладу, яка дорівнює 0,002 мм. Прилад має три шкали: *A*, *B* і *C*. При вимірюванні твердості *HRC* і *HRA* по шкалах *C* і *A* використовується алмазний конус з кутом 120° при вершині. Навантаження на конус по шкалі *C* – 1471 Н, а по шкалі *A* – 600 Н. При вимірюванні твердості *HRB* за шкалою *B* використовується загартована сталеві кулька діаметром 1,588 мм. Навантаження на кульку становить 1000 Н.

Шкалу *A* використовують для визначення твердості твердих матеріалів (тверді сплави, кераміка, а також твердості тонких поверхневих шарів (0,5 – 1,0 мм)). Шкалу *C* звичайно використовують для вимірювання твердості термічно оброблених сталей (гартування $HV \approx 4000 \dots 7800$ МПа), а шкалу *B* – для визначення твердості м'яких металів (кольорові метали та їх сплави, сталі після відпалу, високого відпускання $HV < 4500$ МПа).

1.3. Метод Віккерса засновано на тому, що випробування твердості проводять вдавлюванням чотиригранної алмазної піраміди з кутом при вершині 136° (рис. 1.1, 3) і навантаженням від 9,8 до 980 Н в поверхню зразка. Перед випробуванням поверхню зразка шліфують. Твердість оцінюють відношенням навантаження до поверхні відбитка:

$$HV = 0,189 \cdot F/d^2, \text{ МПа}, \quad (1.2)$$

де F – навантаження, Н; d – середньоарифметичне значення довжин обох діагоналей відбитка (рис. 1.1, 3).

Метод Вікерса є універсальний метод, тому що дозволяє вимірювати твердість як м'яких, так і твердих матеріалів, а також тонких поверхневих шарів (цементованих, азотованих тощо).

Товщина зразка, що випробується, повинна бути не менше ніж 1,5 діагоналі відбитка.

1.4. Вимірювання мікротвердості проводять на мікротвердомірах, обладнаних мікроскопами (наприклад ПМТ-3). Мікротвердість позначають так же, як і твердість за Віккерсом - *HV*. Принциповою різницею є те, що при вимірюванні мікротвердості застосовують менші навантаження (від 0,05 до 5 Н.). Поверхню зразка, що підлягає випробуванню, шліфують і полірують. Твердість за цим методом визначають шляхом вдавлення в матеріал алмазної піраміди з тими ж геометричними характеристиками, що і в приладі Віккерса (з кутом при вершині 136°). Відбиток при цьому має малі розміри, що дає змогу оцінювати твердість окремих зерен у будь-яких матеріалів (тонких покриттів, дуже твердих і крихких матеріалів, окремих структурних складових (фаз) тощо).

Розраховують мікротвердість за формулою (1.2).

1.5. Метод Польді – спосіб орієнтовного визначення твердості *HV* за допомогою переносного приладу динамічним вдавленням шарового або конічного індентора.

Принцип дії приладу засновано на тому, що куля під дією удару, який наноситься вручну, одночасно вдавлюється в поверхню, що випробується, і в еталонний зразок, твердість якого відома.

Твердість за методом Польді (згідно з методом Брінелля):

$$HV = HB_{em} \left(\frac{d}{d_{em}} \right)^2 \quad (1.3)$$

де – d – діаметр відбитку на зразку, що випробується; d_{em} – діаметр відбитку на зразку-еталоні.

Цей метод використовують для контролю твердості великогабаритних виробів і деталей.

2. Необхідні прилади і матеріали

2.1. Твердомір Брінелля.

2.2. Мікроскоп Брінелля.

2.3. Твердомір Роквелла.

2.4. Зразки конструкційних матеріалів різної твердості.

2.5. Мікротвердомір ПМТ - 3.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Ознайомитися з конструкцією, принципом дії і послідовністю роботи твердомірів Брінелля, Роквелла і ПМТ - 3.

3.2. Вибрати прилад для визначення твердості кожного з матеріалів, тип індентора і навантаження.

3.3. Провести вимірювання й отримані результати занести до табл. 1.1. Побудувати гістограму (графічне представлення табличних даних) твердості представлених матеріалів.

4. Результати роботи

4.1. Результати роботи занести до табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Назва матеріалу	Метод вимірювання твердості	Навантаження, кН	Діаметр відбитка, мм	Твердість	
				НВ, МПа	НRC
Мідь М1	Брінелля, $D = 10$ мм	10			--
Латунь Л60	--/--	10			--
Силумін АЛ2	--/--	10			--
Сталь 20	--/--	30			--
Сталь 45	--/--	30			--
Сталь 65	--/--	30			--
Сталь 45 (загартована)	Роквелла, алмазний конус	1,471	--		

5. Контрольні запитання

5.1. Що таке твердість і якими методами можна її вимірювати?

5.2. Сутність методу Брінелля. Для яких матеріалів цей метод застосовують?

5.3. Сутність методу Роквелла. Як визначити необхідну для використання шкалу приладу? Для яких матеріалів цей метод застосовують?

5.4. У чому сутність методу Віккерса? В яких випадках їх застосовують?

5.5. Які особливості вимірювання мікротвердості?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Мікроструктурний аналіз сталей і чавунів у рівноважному стані

Мета роботи: вивчити сферу застосування і методику проведення мікроаналізу, а також структурний та фазовий склад сталей і чавунів у рівноважному стані.

1. Основні теоретичні положення

Мікроаналіз металів і сплавів проводиться на підготовлених зразках – **мікрошліфах** – при значних збільшеннях (від 50 до 3000 разів і більше) за допомогою мікроскопа (мікроскоп металографічний вертикальний МІМ-7). Аналіз мікроструктури надає можливість визначити величину і розташування зерен, розміри і кількість дрібних неметалевих включень і різних фаз у металі, контролювати стан структури поверхневого шару деталі, виявити мікродфекти будови металів і сплавів.

Між структурою та властивостями металів і сплавів існує пряма залежність. Тому в практиці металознавства мікроаналіз є одним з основних методів, які дозволяють вивчати будову металів і сплавів, а, отже, отримувати дані про їх властивості.

Мікрошліф – це вирізаний із деталі або заготовки зразок, поступово оброблений шліфуванням, поліруванням і хімічним травленням. У процесі хімічного травлення поверхню шліфа обробляють реактивами, склад і концентрація яких залежать від досліджуваного сплаву. Для сталі та чавуну найчастіше застосовують 2...5%-вий розчин азотної кислоти в етиловому спирті.

В процесі лабораторної роботи студенти досліджують структурний і фазовий склад вуглецевих сталей і чавунів і виявляють залежність механічних властивостей від структури і вмісту вуглецю в сплавах.

Аналіз мікроструктур сталей і чавунів, які розглядають під мікроскопом, проводять за допомогою діаграми стану Fe-Fe₃C (рис. 2.1).

Сплави заліза з вуглецем **від 0,006 % до 2,14%**, називають **сталями**, а сплави заліза з вуглецем **від 2,14% до 6,67%** називають **чавунами**.

При зниженні температури розчинність вуглецю в α-залізі знижується (див. лінію PQ).

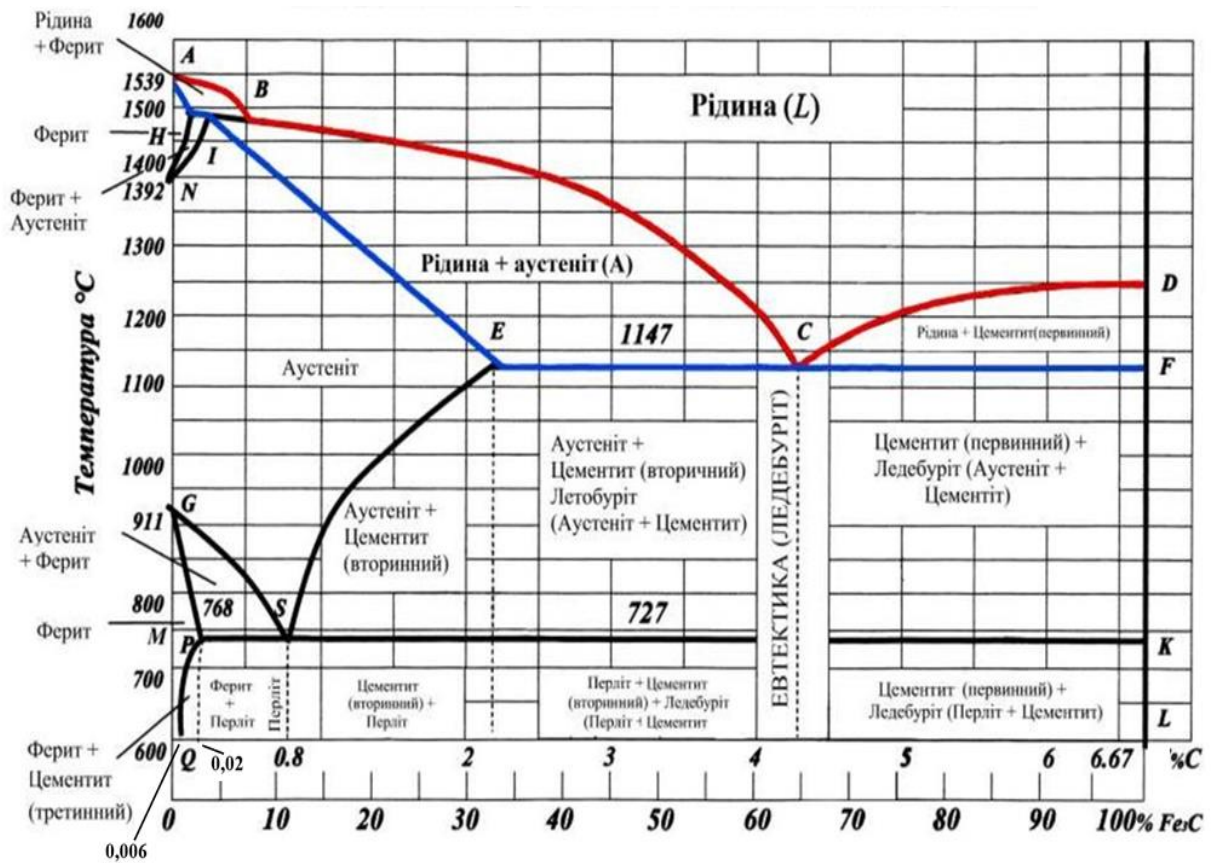


Рис. 2.1. Діаграма стану сплавів Fe-Fe₃C

За 727 °С у залізі розчиняється 0,02 % С (точка P), а за кімнатної температури – 0,006 % (точка Q). З огляду на це сплави заліза із вмістом вуглецю до 0,006 % мають структуру *фериту (Φ)* (НВ = 500...800 МПа) – твердого розчину впровадження вуглецю в α-залізі (рис. 2.2, а).



Рис. 2.2 Мікроструктура сталі $C \approx 0,05\%$ (технічне залізо).

Мікроструктура доевтектоїдної сталі (до 0,8 % С) складається з *фериту і перліту*.

Перліт (Π) – механічна суміш, яка складається з фериту і цементиту та містить у собі 0,8 % С (евтектоїд).

Цементит (Ц) являє собою хімічну сполуку Fe_3C білого кольору, яка характеризується високою твердістю ($HV = 8000$ МПа) і містить 6,67 % С.

При збільшенні вмісту вуглецю кількість перліту (темні ділянки шліфа) збільшується.

Мікроструктура заевтектоїдної сталі (0,8...2,14 % С) має структуру **перліту і цементиту**, який виділяється при охолодженні по границях зерен перліту у вигляді цементитної сітки. Чим більше вуглецю в сталі, тим масивніша цементитна сітка (2.3).

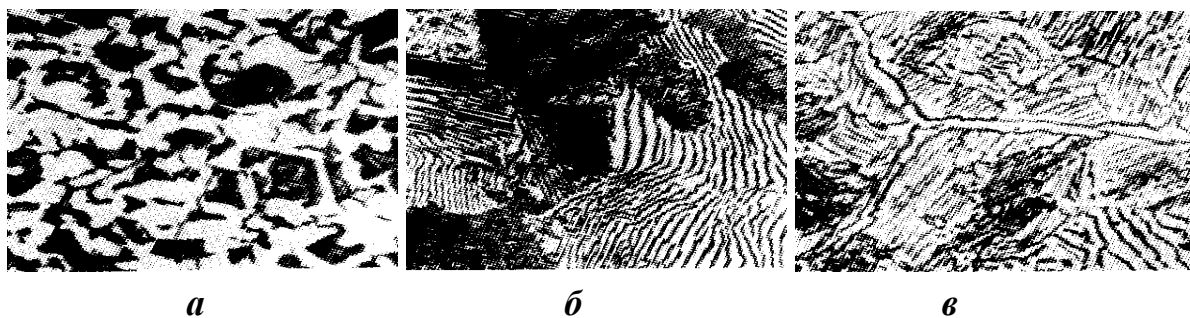


Рис. 2.3 Мікроструктури вуглецевих сталей
а – доевтектоїдна сталь (ферито-перлітна $C = 0,35$ %);
б – евтектоїдна сталь (пластинчатий перліт $C = 0,8$ %);
в – заевтектоїдна сталь (перлітно-цементитна $C = 1,2$ %)

За температури вище ліній GS і SE у сталях існує однофазова структурна складова **аустеніт (А)** – твердий розчин впровадження вуглецю в γ -залізі. Максимальна розчинність вуглецю в аустеніті сягає 2,14 % за температури 1147 °С.

Чавуни теоретично містять 2,14...6,67 % С. Практично використовують чавуни, які містять не більше 5 % С. Мікроструктурний аналіз білих чавунів у рівноважному стані показує наявність у структурі характерної складової – **ледебуриту**.

Ледебурит (Л) – механічна суміш (евтектика) аустеніту і цементиту, яка утворюється за температури 1147 °С з рідкого сплаву, що має вміст вуглецю 4,3 %. За температури нижче 727 °С ледебурит складається з перліту і цементиту. Твердість ледебуриту досягає $HV \cong 7000$ МПа.

Для доевтектичних чавунів структура складається з **перліту, цементиту і ледебуриту**, для заевтектичних – **ледебуриту і цементиту**. Евтектичний чавун (4,3 % С) являє собою цілком **ледебуритну структуру**. (рис. 2.4).

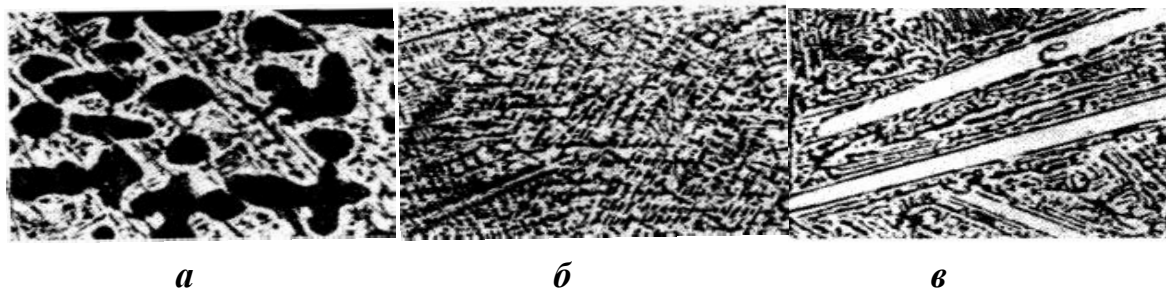


Рис. 2.4 Мікроструктури білих чавунів
a – доевтектичний ($C = 3,2 \%$; П+Л+Ц);
б – евтектичний ($C = 4,3 \%$, Л); *в* – заевтектичний ($C = 5 \%$, Л+Ц)

Чавуни з такими структурами називають **білими**, тому що в зломі вони мають білий колір. Їх не можна обробляти тиском і різанням, оскільки вони крихкі.

Є **відбілені** чавуни, які мають на поверхні структуру білого чавуну, а в середині – структуру сірого. Це досягається спеціальними умовами лиття. Виріб має на поверхні високу твердість і високу зносостійкість, особливо в умовах абразивного зношування.

Якщо частина вуглецю завдяки штучним засобам (повільного охолодження, спеціальної термообробки) виділяється у вигляді **вільного графіту** – то такі чавуни називають **сірими**, тому що в зломі вони мають сірий колір. Процес утворення графіту в залізобуглецевих сплавах називається **графітизацією**.

Графіт (Г) – це хімічний елемент, вуглець, який має гексагональну нещільно упаковану кристалічну решітку. Він має низькі механічні властивості; наявність графіту порушує цілісність металічної основи.

Фізико-механічні властивості сірих чавунів залежать від властивостей металічної основи, яка за своєю будовою аналогічна сталям. Вплив графітних включень виявляється в тому, що його пластинки, маючи дуже незначну міцність, діють як надрізи або тріщини в металічній основі, послабляючи її.

Саме з цієї причини розроблені методи отримання ковких і високоміцних чавунів, в яких завдяки зміні форми графітних включень цей негативний вплив значно зменшено.

Сірий (ливарний) чавун містить частину вуглецю у вигляді **пластинчастого графіту**. Ці чавуни мають хороший опір здавлюванню, не чутливі до поверхневих дефектів, але характеризуються малою ударною в'язкістю (рис. 2.5).

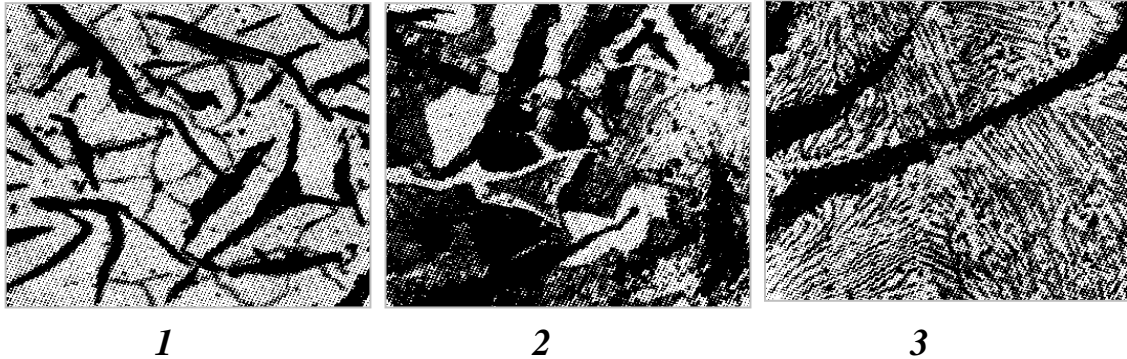


Рис. 2.5. Мікроструктури звичайних сірих чавунів з пластинчастим графітом
1 – феритна основа; 2 – ферито-перлітна; 3 – перлітна

Ковкі чавуни отримують у результаті спеціальної термічної обробки (томління) білих чавунів з вмістом вуглецю 2,5...3 %. Мають графітні включення у вигляді **пластівців**. Ці чавуни мають досить високі механічні властивості й стійкість проти корозії (рис. 2.6).

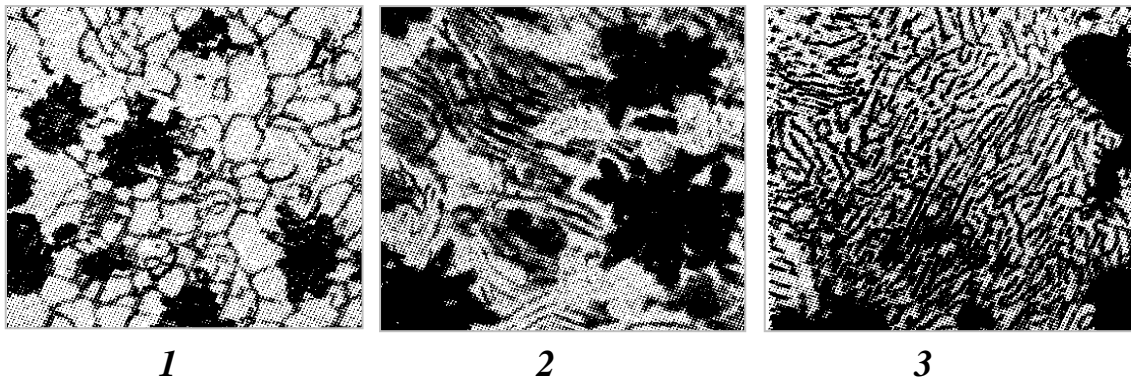


Рис. 2.6. Мікроструктури сірих ковких чавунів з пластівчастим графітом
1 – феритна основа; 2 – ферито-перлітна; 3 – перлітна

Високоміцні чавуни вміщують **кулькоподібний графіт** (рис. 2.7). Така структурна будова виникає під час введення в сірі чавуни ($C \approx 3...3,6\%$) модифікаторів (магнію, цезію та ін.). Механічні властивості водночас зростають.

Механічні властивості сталей та чавунів наведено в табл. 2.1.

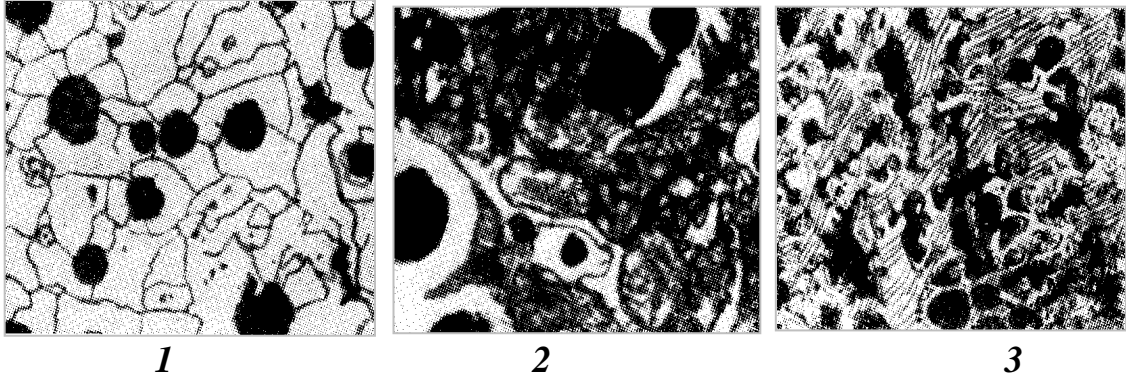


Рис. 2.7. Мікроструктури сірих високоміцних чавунів з кулястим графітом
 1 – феритна основа; 2 – ферито-перлітна; 3 – перлітна

2. Необхідні прилади і матеріали

- 2.1. Мікроскопи з набором оптики.
- 2.2. Зразки сталей і чавунів.
- 2.3. Абразивні матеріали.
- 2.4. Хімічні травники.

3. Послідовність виконання роботи

- 3.1. Ознайомитися з принципом дії та налаштуванням мікроскопу.
- 3.2. Вивчити під мікроскопом структурний і фазовий склад шліфів-зразків та визначити марку сталі або чавуну і процентний вміст вуглецю, зіставляючи їх зі зразками, показаними на рис. 2.2 - 2.7, та фотографіями в лабораторії. Замалювати структуру у відповідній графі табл. 2.1.
- 3.3. За завданням викладача розрахувати кількість вуглецю для одного із зразків.
- 3.4. Визначити можливість практичного застосування конструкційних матеріалів, що вивчаються, і записати до відповідної графі табл. 2.1.
- 3.5. Для визначення властивостей сталей побудувати за схемою, що показана на рис. 2.8, графічні залежності твердості, міцності і пластичності від кількості вуглецю та сформулювати висновок про характер цих залежностей.

4. Результати роботи

- 4.1. Результати роботи занести до табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Структура, властивості і застосування вуглецевих сталей
та чавунів у рівноважному стані**

Марка сплаву	Вміст вуглецю, %	Схемичне зображення мікроструктури	Склад		Механічні властивості			Приклади деталей, які виготовляються із сталей і чавунів
			структурний	фазовий	НВ, МПа	$\sigma_{тнч}$, МПа	δ , %	
Е11	0,05				800	360	38	Пластини трансформаторів.
Сталь 20					1630	500	30	Зварювальні конструкції, заготовки отримані тиском. Деталі, які цементують: вали, вісі шестерні.
Сталь 45					1970	650	17	Вали, вісі, шестерні, шпинделі, штоки тощо. Звичайно після нормалізації і гартування СВЧ.
У8					2850	850	9	Зубила, кернери, сокири, інструмент по дереву тощо.
У12					3000	950	4	Ріжучий інструмент по металу при невеликих швидкостях різання (фрези, свердла, шабери, напилки тощо)
СЧ18	3				1350... 2000		—	Будівельні колони фундаментних плит, деталі станків (малонавантажени), маховики, шківни, ванни, кронштейни тощо.
КЧ36-6	3				1400... 2250		6	Станини верстатів, циліндри дизельних двигунів, блоки двигунів, колінчасті вали, корпуси насосів тощо.
ВЧ45-5	3				1630		5	Станини верстатів, циліндри дизельних двигунів, блоки двигунів, колінчасті вали, корпуси насосів тощо.

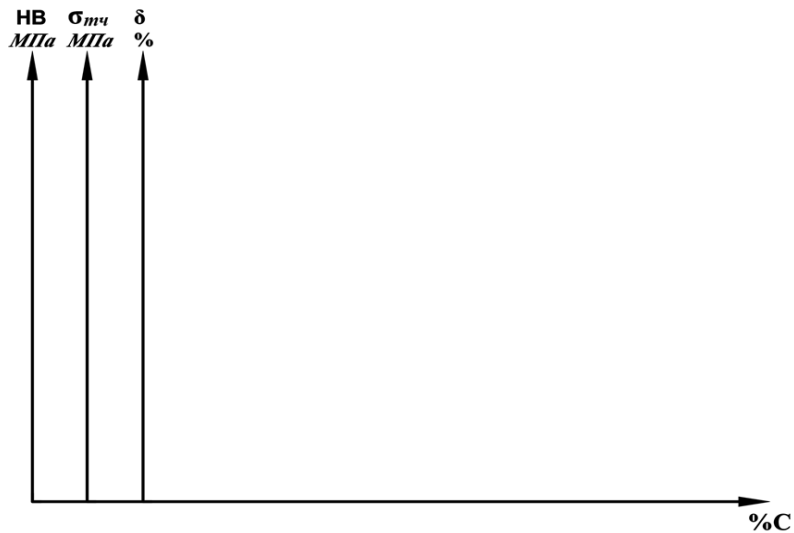


Рис 2.8. Графіки залежності НВ, $\sigma_{тч}$ і δ від вмісту вуглецю в сталях

5. Контрольні запитання

5.1. Поясніть призначення, зміст і методика проведення мікроструктурного аналізу.

5.2. Назвіть структурні та фазові складові сталей і чавунів у рівноважному стані.

5.3. Що являють собою структурні складові сталей і чавунів у рівноважному стані?

5.4. Чим відрізняються структурні будови сірого, ковкого і високоміцного чавунів?

5.5. Як впливає вуглець на механічні властивості залізовуглецевих сплавів?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

Термічна обробка вуглецевих сталей (на прикладі сталі 45)

Мета роботи: практично освоїти технологію проведення різних видів термообробки і дослідити їх вплив на твердість сталі.

1. Основні теоретичні положення

Термічною обробкою називають сукупність послідовних технологічних процесів нагрівання, витримки й охолодження металевих виробів з метою зміни їх фізико-механічних властивостей шляхом керованих структурних перетворень.

Метою термічної обробки сплавів може бути зменшення залишкової (термічної або деформаційної) напруги у виробах, рекристалізація після холодного пластичного деформування, зменшення внутрішньокристалічної ліквідації у відливках, часткове або максимально можливе підвищення твердості і міцності. За допомогою термічної обробки значно підвищують властивості деталей, такі як міцність (від 1,5 до 5 разів), зносостійкість, магнітні властивості тощо.

У роботі наводять різні види термообробки для сталі 45. Відпал, нормалізація, гартування та відпуски (низький; середній; високий) (рис. 3.1).

Усі зразки, які вивчаються в роботі, виготовлені з одного матеріалу – сталі 45, але властивості їх різні. Саме ця різниця властивостей пояснюється тим, що в результаті різних видів термічної обробки отримують різні структури.

Тривалість нагрівання складається з часу прогрівання до заданої температури і часу витримки за температури нагрівання T_n для отримання гомогенної структури аустеніту. Час нагрівання для лабораторних зразків орієнтовно становить 60...100 с на 1 мм діаметра виробу. У роботі для нагрівання зразків використовуємо термічні печі.

Для всіх сталей перекристалізація при нагріванні завершується після утворення **аустенітної** структури.

Перетворення аустеніту при охолодженні розділяють на:

- **дифузійні – перлітні** ($\Pi = \Phi + \Psi$), за яких унаслідок дифузійного розпаду аустеніту утворюються ферито-цементитні механічні суміші:
 $Fe_\gamma(C) \rightarrow Fe_\alpha + Fe_3C$;

- *проміжні – бейнітні* перетворення, унаслідок яких утворюється сполучення дифузійної (перлітної) і бездифузійної (мартенситної) структур;

- *бездифузійне – мартенситне* перетворення.

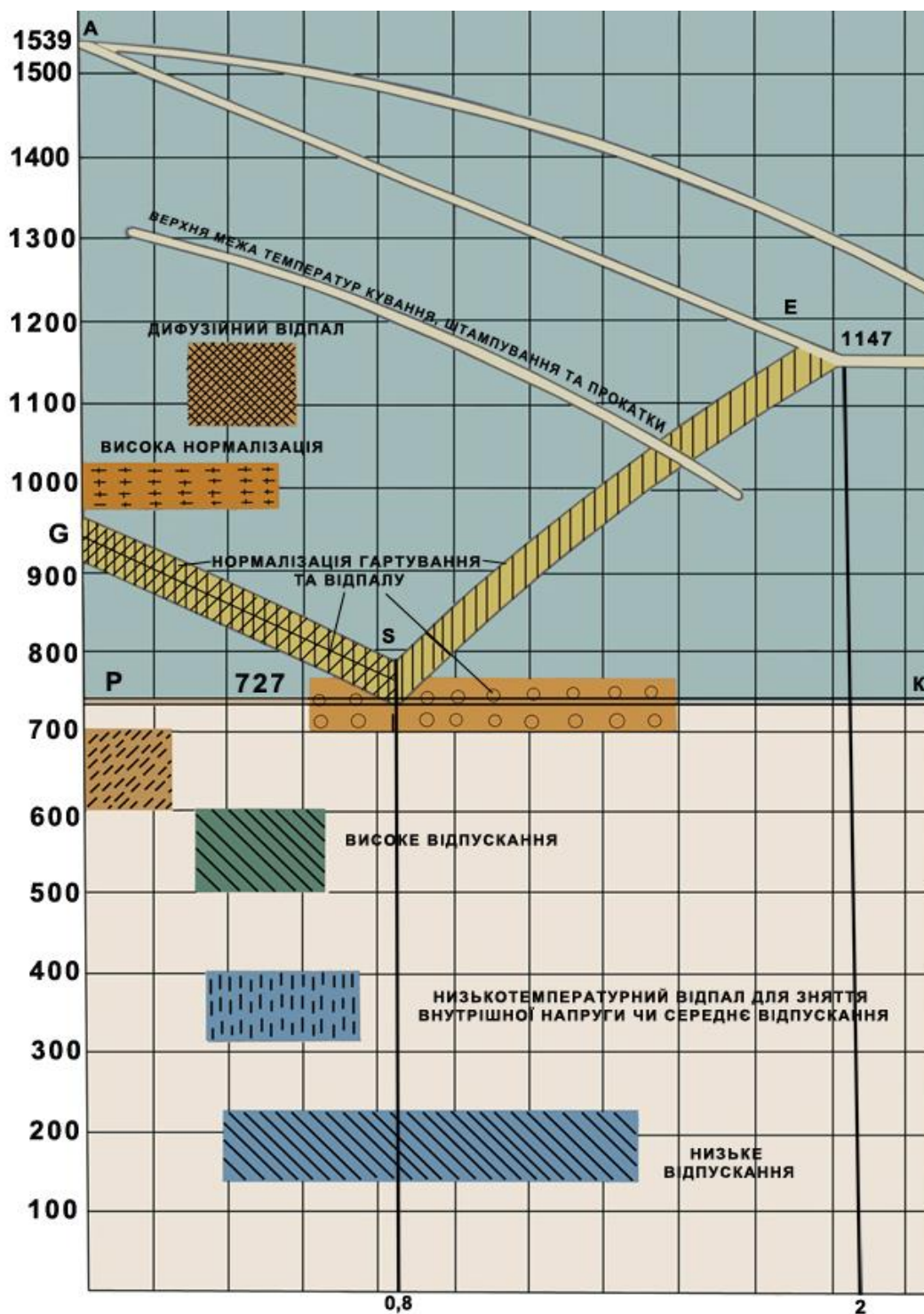


Рис. 3.1. Способи і режими різних видів термообробки

Існують різні види відпалу, які характеризуються режимами нагрівання і охолодження. Ми вивчаємо одні з тих, що мають найбільш широке застосування.

Повний відпал – для доєвтектоїдних сталей. T_n на 30...50 °С вище точки A_{c3} . Охолодження дуже повільне, щоб аустеніт розпадався за невеликого ступеня переохолодження зі швидкостями до 200 °С/год (разом з піччю).

Отримуємо рівномірну дрібнозернисту **ферито-перлітну** структуру. Основною метою повного відпалу є видалення дефектів структури, отриманих під час лиття, обробки тиском, зварюванні тощо, а також зменшення напруги і пом'якшення сталі перед обробкою різанням; ліквідувати великозернистість у відливках після гомогенізації і відманштеттовий ферит, який утворюється при зварюванні в біляшовній зоні.

Застосовують при обробці сортового прокату із сталі, поковок і фасонних відливок.

Нормалізаційний відпал (нормалізація) – це такий вид термічної обробки сталі, за якої нагрівання проводять до температур на 30 – 50 °С вище лінії GSE з подальшим охолодженням на спокійному повітрі.

У процесі нагрівання відбувається повна фазова перекристалізація до аустенітного стану як доєвтектоїдних, так і заєвтектоїдних сталей, що дозволяє видалити великозернисту структуру.

Прискорене охолодження на повітрі із швидкістю (приблизно 7 - 7,5 °С / с для невеликих мас) – отримується більш тонка будова **перліту** або **сорбіту**. Міцність сталей отримується більшою, ніж у разі звичайного відпалу.

Застосовують нормалізацію як проміжну або як завершальну операцію. Як проміжну – її використовують для усунення дефектів будови і загального покращення структури перед гартуванням, а також для пом'якшення структури перед обробкою різанням. Як завершальну – її застосовують для середньо- і високовуглецевих доєвтектоїдних сталей, якщо вимоги до властивостей помірні.

Гартування – вид термічної обробки, за якого нагрівання викликає фазову перекристалізацію, але внаслідок штучного швидкого охолодження зворотне фазове перетворення не встигає пройти. Отримана при цьому структура являється зафіксованим високотемпературним станом. Такий стан є нерівноважним і нестійким. **Мартенсит** – утворюється за

швидкостей охолодження $V_{ox} > V_{кр}$ внаслідок бездифузійного перетворення з аустеніту.

Температура нагрівання при гартуванні для доєвтектоїдних сталей – $A_{с3} + (30...50) \text{ }^\circ\text{C}$, для заєвтектоїдних – $A_{с1} + (30...50) \text{ }^\circ\text{C}$.

Існує багато способів гартування, серед яких ми звернемо увагу на безперервне.

Безперервне гартування в одному охолоджувальному середовищі є найбільш простим способом, який має широке застосування

Для гартування дрібних (до 5 мм) виробів із вуглецевих сталей і деталей більшого діаметра із легованих сталей використовують масло. Для великих деталей, а також спрощених за формою із вуглецевих сталей – воду (швидкість охолодження $600 \text{ }^\circ\text{C} / \text{с}$), або водні розчини. Для великих виробів складної форми, виготовлених із сталей з високою стійкістю аустеніту (з високою прогартуваністю) – чисті мінеральні масла.

Отримуємо значні залишкові напруги, що може призводити до жолоблення і виникання тріщин.

За заданих умов гартування можливо прогнозувати гартівну структуру за допомогою діаграми ізотермічного охолодження аустеніту (рис. 3.2).

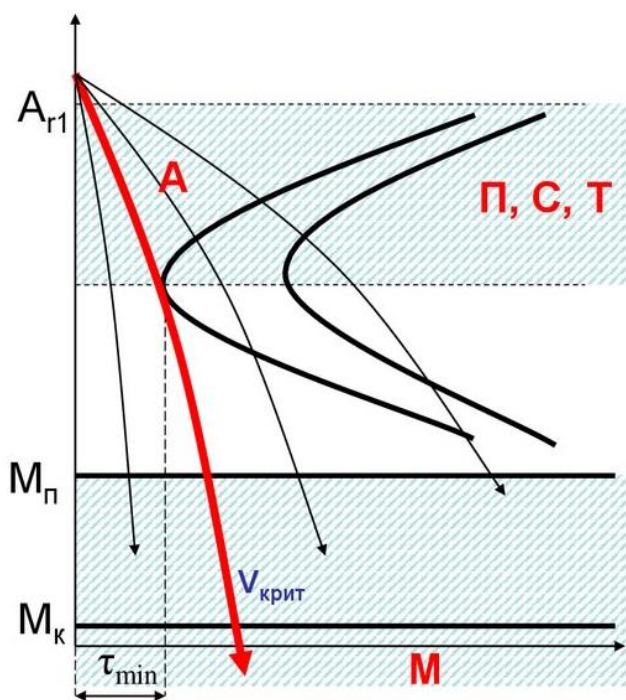


Рис. 3.2. Діаграма ізотермічного охолодження аустеніту

Після гартування для зняття напруження, а також для отримання певних властивостей обов'язково виконують відпускання. Коли ж відпускання не проводити, тоді у виробів із-за високих внутрішніх напружень з'являються тріщини та інші дефекти.

Відпуски – види термообробки, в результаті проведення яких в більшому чи меншому ступені знімається нерівновісність у попередньо загартованих сплавах. Головним процесом є **розпад мартенситу з виділенням карбідів**. Досягається це нагріванням нижче температури фазових перетворень.

Відпуск залежно від температури нагрівання буває низьким середнім або високим.

За низького відпуску загартовану сталь розігрівають до температури 120...250 °С. Після витримки (звичайно до 1...3 год) знижуються гартівні мікронапруги за рахунок перетворення тетрагонального мартенситу в відпущений (кубічний) **мартенсит**. Водночас частково підвищуються (на 2-3 одиниці), або не змінюються показники твердості і міцності, частково поліпшується в'язкість (ріжучий та вимірювальний інструмент, деталі шарикових і роликкових підшипників, після хіміко-термічної обробки легованих сталей).

За середнього відпуску загартовану сталь розігрівають до температури 350...500 °С. Утворюється структура **троостит відпуску** або трооститомартенситу, яка забезпечує сполучення досить високої твердості (HRC 40...45) і міцності з високою пружністю та в'язкістю (пружини, ресори, а також штампи). Охолодження слід проводити у воді, що сприяє збільшенню межі витривалості пружних елементів.

За високого відпуску загартовану сталь розігрівають до температури 550...650 °С. Утворюється структура **сорбіту відпуску**, який має найкращі співвідношення між міцністю і в'язкістю (деталей машин, які в процесі експлуатації витримують високі напруження та ударне навантаження). Гартування з високим відпуском називають **поліпшенням**. Витримка – 1...6 год. У легованих сталях до високих відпускових температур зберігаються дрібнодисперсні карбіди. Це є причиною вторинної твердості, тобто збільшення твердості після високого відпуску (більш висока міцність і пластичність). Це є основною причиною використання легованих сталей для виготовлення відповідальних деталей, які працюють в умовах складного навантаження.

2. Необхідні прилади і матеріали

2.1. Зразки сталі 45.

2.2. Термічні печі.

2.3. Охолоджувальні середовища.

2.4. Матеріали і інструмент для зачищення зразків від окалини.

2.5. Твердоміри Брінелля і Роквелла.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Накреслити сталевий кут діаграми *Fe-C* (рис. 3.1) і для сталі 45 нанести вертикаль перетворень при нагріванні та охолодженні. Вибрати потрібні температури для проведення операцій: відпалу, нормалізації, гартування і відпусків (низького, середнього, високого) і занести їх до табл. 3.1.

3.2. Визначити необхідне охолоджувальне середовище, якщо в результаті гартування необхідно отримати структуру мартенситу. Занести до табл. 3.1.

3.3. Провести операції термічної обробки: відпалу, нормалізації і гартування. Зачистити зразки від окалини. Заміряти твердість відпаленого і нормалізованого зразків на твердомірі Брінелля, загартованих – на твердомірі Роквелла.

3.4. Провести операції відпуску, зачистити зразки, заміряти твердість на твердомірі Роквелла. Результати занести до табл. 3.1.

3.5. Провести аналіз структурних перетворень для всіх розглянутих видів термічної обробки з визначенням отриманих структур. Результати аналізу стисло викласти в роботі. Назви відповідних структур занести до табл. 3.1.

3.6. Побудувати графічну залежність твердості загартованих зразків від температури відпуску. Пояснити характер відмічених змін.

4. Результати роботи

4.1. Результати роботи занести до табл. 3.1

Структура і твердість сталі 45 після різних видів термічної обробки

Вид термообробки	Температура нагрівання, °С	Умови охолодження, °С/с	Твердість		Назва мікроструктур
			HRC	HВ, МПа	
Відпал	820 – 850	< 0,1 (разом з піччю)	–		
Нормалізація	820 – 850	7-7,5 (на повітрі)	–		
Гартування	820 – 850	600 (у воді)			
Низький відпуск	200	7-7,5 (на повітрі)			
Середній відпуск	400	7-7,5 (на повітрі)			
Високий відпуск	600	7-7,5 (на повітрі)			

5. Контрольні запитання

5.1. Сутність процесів дифузійного і бездифузійного перетворень аустеніту при охолодженні.

5.2. З якою метою проводяться різні види термообробки (гартування, нормалізація, відпуск, відпал)?

5.3. З огляду на що вибирають охолоджувальне середовище при гартуванні?

5.4. Поясніть, які є можливості щодо прогнозування отримання тієї або іншої структури.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Основи техніки безпеки при зварюванні і різанні металів

Мета роботи: засвоїти основні можливі небезпечні і шкідливі фактори при зварювальних роботах і способи захисту від їх дії.

1. Основні теоретичні положення

Основні можливі небезпечні і шкідливі фактори, що викликають травматизм при зварюванні та вогневому різанні металів:

- **Ураження електричним струмом** може бути викликано доторканням до неізольованих струмопровідних частин електричного ланцюга, які знаходяться під напругою вище 24 В (рис.1).

Струм силою 0,03...0,04 А викликає болісні відчуття та різке скорочення м'язів. Дія струму силою 0,1 А та більше може привести до смертельного випадку.

Найбільш небезпечний промисловий змінний струм частотою 50...60 Гц. При встановленні граничних факторів безпеки орієнтуватися слід не на безпечну силу струму, а на безпечну напругу (36 В - для сухих; 12 В - для вологих приміщень).

- **Шкідлива дія променевої енергії** в значній мірі проявляється при зварюванні відкритою дугою в захисних газах. Електрична дуга - потужне джерело яскравого (видимого) світла, а також невидимих ультрафіолетових та інфрачервоних променів. Вплив дуги на незахищені очі впродовж 20 с з відстані до 1м може викликати сильний біль, слізливість та світлобоязнь. Опромінювання дугою шкіряної поверхні людини впродовж 60...180 с викликає (аналогічно тривалому впливу сонця) опік. Шкідлива дія променів дуги розповсюджується в радіусі до 10 м, а потім суттєво послаблюється. Вплив променевої енергії газового полум'я значно слабше, однак виконувати газове зварювання (різання) без захисних окулярів не дозволяється.

- **Виділення шкідливих аерозолів** (розчинених в повітрі частинок металів, мінералів, пилу та ін.), **парів та газів** при зварюванні відбувається в результаті фізико-хімічних процесів при плавленні та випаровуванні компонентів покриття електродів, зварювальних флюсів, а також за рахунок комбінації захисних газів, що використовуються для

зварювання і різання металів під дією високої температури. При дуговому зварюванні вуглецевої сталі електродами з товстим покриттям виділяється значна кількість аерозолів, які в основному складаються із оксидів заліза та марганцю, двоокису кремнію, фтористих сполук.

Зварювання під флюсом, який містить плавиковий шпат, супроводжується виділенням фтористих сполук. При зварюванні в середовищі аргону алюмінієвих сплавів електродом, що не плавиться, спостерігається значне виділення озону. При зварюванні в середовищі вуглекислого газу і при кисневому різанні виділяються CO, CO₂, оксиди заліза та інші гази. Найбільш шкідливими є оксиди марганцю, кремнію, азоту та газоподібні фтористі сполуки. При зварюванні кольорових металів особливо шкідливі випаровування цинку, свинцю і кадмію.

- **Опіки** при зварюванні і різанні можливі від бризок розплавленого металу і шлаку, які можуть потрапити в складки одягу, кишені, чоботи, черевики та погано захищені ділянки тіла зварювальника. Опіки та забиті місця часто являються результатом падіння нагрітих частин конструкцій при недостатній надійності їх закріплення в процесі зварювання або різання.

- **Вибухи** можуть виникнути при неправильному поводженні з ацетиленовими генераторами, карбідом кальцію, балонами для стислих газів, а також при зварюванні тари, що використовується для зберігання горючих рідин і посудин, які знаходяться під тиском.

Пожежі частіше за все виникають від запалення горючих матеріалів, які можуть бути поблизу місць виробництва зварювальних робіт, а також у випадках наявності дефектів електричної проводки.

Також серед основних можливих небезпечних і шкідливих факторів, що викликають травматизм при зварюванні та вогневому різанні металів є **дія високої температури** та **контактна ударна дія деталей значної маси**.

Кожний зварник допускається до роботи тільки після **проходження настанов** по охороні праці і техніки безпеки на робочому місці.

Основи техніки безпеки при електрозварюванні.

1. Для захисту від ураження електричним струмом необхідні:

- надійна ізоляція всіх зовнішніх провідників джерела живлення;
- заземлення зварювальних агрегатів і трансформаторів;
- застосування рубильників і перемикачів закритого типу;
- надійна ізоляція електродотримача, проводки, пристроїв і держаків перемикачів;
- неушкоджений та сухий спецодяг та рукавиці.

2. Для запобігання шкідливому впливу зварювальної дуги і розплавленого металу (опіки), електрозварник повинен працювати, використовуючи захисний щиток, маску або шолом із спеціальними світлофільтрами, в брезентовому костюмі і брезентових рукавицях. Брюки і куртку носять навипуск, кишені повинні бути захищені клапанами, черевики зашнуровані. Світлофільтри вибирають в залежності від сили струму. Розмір їх 121 x 69 мм. При зварюванні в захисних газах застосовують більш темні світлофільтри. Для захисту очей зварника при контактному зварюванні можна застосовувати окуляри з простим склом.

3. Для видалення газів та аерозолів і, таким чином, доведення їх до гранично допустимих концентрацій, при виробництві зварювальних робіт в закритих приміщеннях необхідно передбачити, згідно діючим санітарним нормам, загальну припливно-витяжну вентиляцію, що може забезпечити обмін повітря, з розрахунку на 1кг розплавлених електродів або дроту в об'ємах від 2000 до 13000 м³ в залежності від виду зварювання.

4. Перед початком роботи електрозварник зобов'язаний:

- перевірити ізоляцію зварювальних електропроводів і електродотримача, наявність і надійність заземлення агрегатів;
- одягнути спецодяг: куртку, брюки, черевики, головний убір;
- перевірити неушкодженість захисного щитка (маски).

5. Під час роботи електрозварник зобов'язаний:

- перед запалюванням дуги попередити оточуючих сигналом "Очі!";
- під час перерв в роботі, електродотримач встановлювати його на спеціальну підставку або підвіску;
- огарки збирати в спеціальні ящики.

6. Електрозварнику *забороняється*:

- працювати без каски, спецодягу і інших захисних засобів;
- приступати до роботи при ушкодженій зварювальній апаратурі;
- виконувати зварювання посудин, які знаходяться під тиском або містять в собі горючі речовини;
- ремонтувати зварювальне обладнання.

7. *По закінченні роботи* зварювальник *зобов'язаний*:

- відключити зварювальну апаратуру від джерела живлення, змотати зварювальні електропроводи і скласти їх в спеціально відведені місця;
- навести порядок на робочому місці, прибрати захисні пристосування і інструмент.

Основи техніки безпеки при газовому зварюванні і різанні металів.

1. Газозварник повинен *знати*:

- правила безпечного зварювання і різання металів;
- основні властивості, засоби та умови отримання і зберігання газів, що застосовуються;
- устрій, правила експлуатації, транспортування і зберігання газових балонів;
- правила користування редукторами і манометрами;
- устрій і правила безпечної експлуатації газових генераторів;
- основні вимоги протипожежної безпеки.

2. *Для видалення шкідливих газів і пилу* при роботі в закритих приміщеннях, що виділяються при зварюванні, різанні та наплавленні, встановлюються місцеві витяжні пристрої з продуктивністю від 1700 до 2500 м³/год.

3. *Під час роботи* газозварник *зобов'язаний*:

- в разі виникнення ушкоджень апаратури, приладів необхідно припинити роботу; усувати самотійно ушкодження забороняється;
- перевірити рівень води в водяному затворі;
- не допускати: зворотних ударів, які можуть виникнути при падінні тиску кисню нижче припустимої межі (50 КПа); наближення мундштука до заготівлі на малу відстань (зменшення швидкості витікання газів);

- забруднення мундштука частинками розплавленого металу.
- при виникненні зворотного удару перекрити вентиль газу, а потім кисню і перевірити рівень води в водяному затворі генератора;
- при перервах в роботі гасити полум'я пальника (різака);
- випускати з рук запалений різак забороняється.

4. Під час роботи газозварнику забороняється:

- рухатися з запаленим пальником за межами робочого місця;
- виконувати роботи з ємностями і трубопроводами, що знаходяться під тиском;
- застосовувати для кисню редуктори і шланги, які використовувалися раніше для роботи зі зрідженим газом;
- вести роботи декількома пальниками від одного генератора;
- використовувати редуктори без манометрів або з пошкодженими;
- виконувати зварювання і різання в середині закритих резервуарів при відсутності надійної вентиляції;
- виконувати одночасно електрозварювання і газозварювання в середині закритих металоконструкцій.

5. По закінченні роботи газозварник зобов'язаний:

- прибрати своє робоче місце і перевірити відсутність вогню;
- закрити вентиль кисневого балона, перевірити подавання ацетилену або іншого горючого газу, випустити газ зі шлангу, прибрати балони;
- очистити і укласти інструменти і захисні засоби.

При розробці заходів техніки безпеки при зварюванні і різанні металів необхідно керуватися Державними стандартами України: ДСТУ 2456-94 Зварювання дугове і електрошлакове; ДСТУ 2489-94 (ГОСТ 12.3.047-94) Система стандартів безпеки праці. Контактне зварювання. Вимоги безпеки; ДСТУ-НБА.3.1-16 Настанова щодо виконання зварювальних робіт при монтажі будівельних конструкцій; НПАОП 28.52-1.31-13 Правила охорони праці під час зварювання металів (32346); Правила охорони праці під час зварювання металів від 14.12.2012 № 1425 та іншими нормативними документами.

2. Необхідні прилади і матеріали

- 2.1. Пости дугових видів зварювання.
- 2.2. Пости контактного зварювання.
- 2.3. Макети газового зварювання.

3. Послідовність виконання роботи

- 3.1. Ознайомитись з основними положенням з техніки безпеки при різних видах зварювання та різанні металів.
- 3.2. Розписатись в груповому журналі по техніці безпеки.

4. Результати роботи

- 4.1. Записати в свої зошити основні можливі вражаючі фактори і заходи захисту від них.

5. Контрольні запитання

- 5.1 Які існують вражаючі фактори при зварюванні і різанні металів?
- 5.2 Яка напруга вважається безпечною для сухих і вологих приміщень?
- 5.3 Які заходи захисту від ураження електричним струмом?
- 5.4 Як уникнути від ураження світловою енергією при зварюванні і різанні?
- 5.5 В яких випадках може виникати отруєння шкідливими газами, парами, аерозолями і як захиститись від них?
- 5.6 В яких випадках виникають удари, вибухи і пожежі і які заходи захисту від них?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Ручне дугове зварювання

Мета роботи: засвоїти обладнання, технологію і техніку ручного дугового зварювання.

1. Основні теоретичні положення

Зварювання – це процес одержання нероз’ємного з’єднання шляхом встановлення міжатомних зв’язків між зварюваними частинами при їх місцевому або загальному нагріванні, пластичній деформації або їх спільної дії.

Дугове зварювання – вид зварювання при якому нагрівання здійснюється електричною дугою. Відноситься до термічного класу видів зварювання - за допомогою плавлення, в яких для розплавлення металу використовують теплову енергію.

Електрична зварювальна дуга – тривалий і потужний розряд електричного струму в іонізованій атмосфері газів і парів металу, у процесі якого виділяється велика кількість теплової і світлової енергії (рис. 5.1).

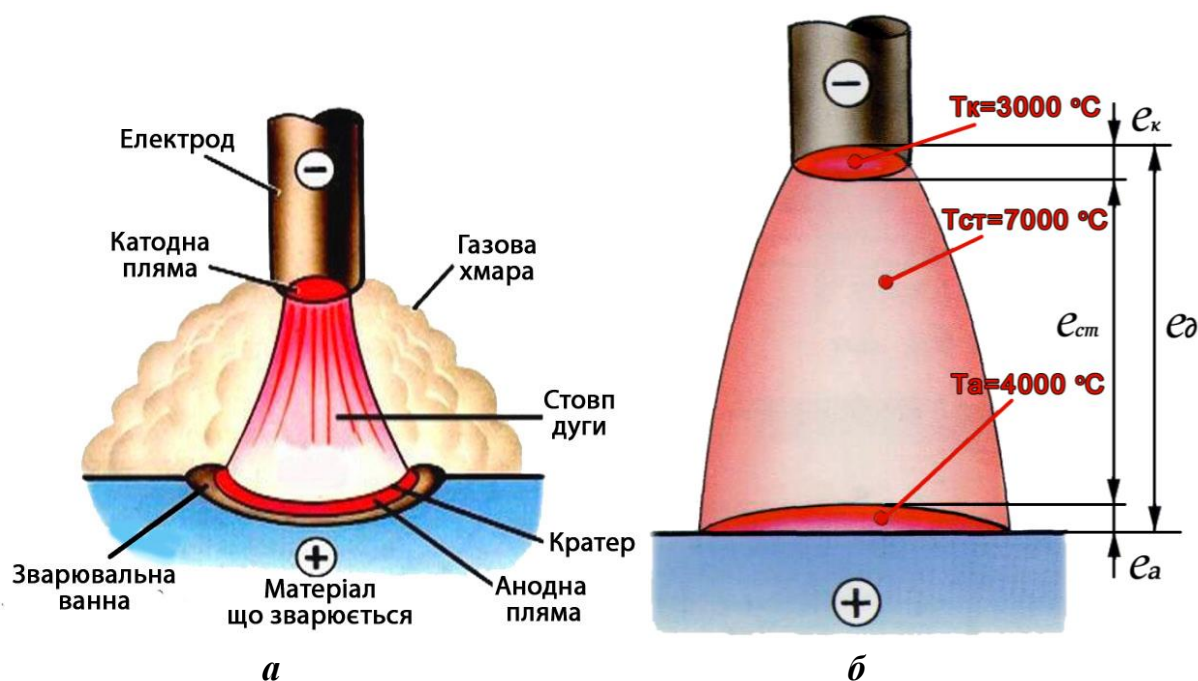


Рис. 5.1. Електрична зварювальна дуга
а – схема горіння; б – будова і характеристики.

Іонізація дугового проміжку відбувається під час запалювання дуги і безперервно підтримується в процесі її горіння. Процес запалювання дуги в більшості випадків включає в себе три етапи: коротке замикання

електрода на заготовку, відвід електрода на відстань 3...6 мм, що призводить до виникнення стійкого дугового розряду. Після короткого замикання і відведення електрода з його розігрітого торця під дією електричного поля починається *термоелектронна емісія*. В результаті повітряний проміжок стає електропровідним і через нього відбувається розряд струму. Процес запалювання дуги закінчується виникненням стійкого дугового розряду. Джерелом теплоти при дугового зварювання є електрична дуга, яка горить між електродом і заготовкою.

Електрична дуга може бути одержана на змінному і постійному струмі, може мати пряму і зворотню полярність.

При прямій полярності електрод є негативним полюсом, а заготовка – позитивним, при зворотній полярності – навпаки. Дуги постійного струму мають високу стійкість і застосовуються для відповідальних з'єднань і для металів, що мають низьку зварюваність.

При горінні дуги змінного струму негативний і позитивний полюси міняються місцями з певною частотою (50 Гц і більше). Після кожного півперіоду дуга гасне, а потім запалюється знову. Це знижує стійкість дуги і вимагає застосування більш високої напруги. Зварювання на змінному струмі дуже економічне і застосовується для металів, що мають високу зварюваність.

Ручне дугове зварювання (РДЗ) (режим зварювання ММА - Manual Metal Arc) – це процес зварювання, при якому запалення дуги і переміщення електрода відносно заготовки здійснюється в ручному режимі (рис 5.2.).

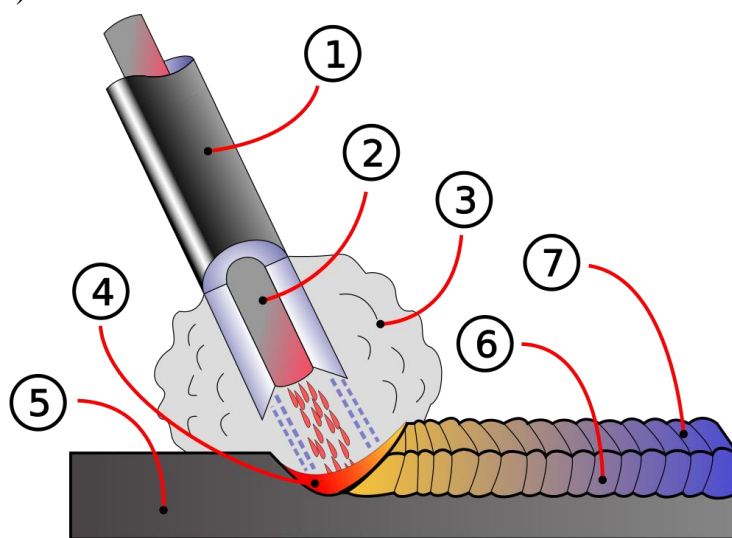


Рис. 5.2. Схема ручного дугового зварювання

1 – електродне покриття; 2 – електрод; 3 – захисна газова атмосфера;
4 – зварювальна ванна; 5 – заготовка; 6, 7 – шов

Це найбільш розповсюджений і універсальний вид зварювання.

У процесі зварювання металевим покритим електродом – дуга горить між стержнем електрода 2 і основним металом 5. Стержень електрода плавиться, і розплавлений метал краплями стікає в металеву ванну. Разом зі стержнем плавиться покриття електрода 1, утворюючи газову захисну атмосферу 3 навколо дуги і рідку шлакову ванну на поверхні розплавленого металу. Металева та шлакові ванни разом утворюють зварювальну ванну 4. У міру руху дуги зварювальна ванна твердне і утворюється зварювальний шов 6, 7. Рідкий шлак після охолодження утворює тверду шлакову кірку. Електроди для ручного зварювання являють собою стержні з нанесеними на них покриттями. Стержні виготовляють із зварювального дроту підвищеної якості.

Ручне зварювання застосовують при виконанні коротких і криволінійних швів в будь-яких просторових положеннях, в важкодоступних місцях, а також при монтажних роботах і складання конструкцій складної форми.

Ручне зварювання забезпечує високу якість зварних швів, але має більш низьку продуктивність у порівнянні з автоматичним і напівавтоматичним дуговими зварюваннями.

Пост ручного дугового зварювання показаний на рис. 5.3.

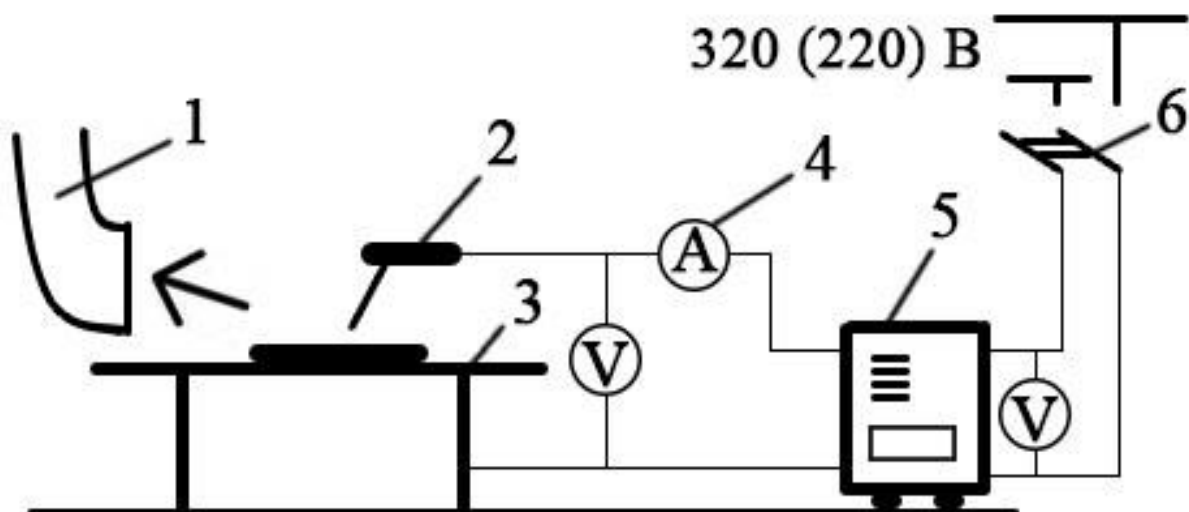


Рис. 5.3. Пост ручного дугового зварювання

1 – витяжна вентиляція; 2 – електродотримач з електродом; 3 – стіл зварювальника;
4 – амперметр; 5 – джерело струму; 6 – вмикач зовнішньої мережі

Ручне дугове зварювання може виконуватись на змінному і постійному струмі.

До основних параметрів режиму ручного зварювання відносяться: діаметр електродів, сила струму, робоча напруга, довжина дуги.

Діаметр електроду d визначається залежно від товщини металу S , що зварюється або наплавляється:

S , мм	< 0,5	1...2	3...5	5...10	> 10
d , мм	1,5	2...3	3...4	4...5	5...8

Сила струму I вибирається залежно від діаметра електрода:

$$I = (40 \dots 60)d, \text{ А.} \quad (5.1)$$

Робоча напруга для постійного струму – 20...25 В, для змінного – 25...30 В.

Довжина дуги l дорівнює 3...5 мм і приблизно визначається:

$$l = 0,5 (d \pm 1), \text{ мм.} \quad (5.2)$$

Час горіння дуги:

$$t_0 = \frac{M}{IK_n}, \text{ год,} \quad (5.3)$$

де M – маса металу, що наплавляється; г; I – сила струму, А; K_n - коефіцієнт наплавлення, г/А·год.

Швидкість зварювання :

$$V = \frac{L}{t_0}, \text{ м/год,} \quad (5.4)$$

де L – загальна довжина зварних швів, м.

Продуктивність зварювання:

$$P = K_n \cdot I, \text{ г/год.} \quad (5.5)$$

Для запалення дуги необхідно торкнутись кінцем електрода до заготовки або зробити такий рух, як при запаленні сірника. Після цього відвести електрод на відстань горіння дуги. Якщо це не зробити, кінець електрода привариться до заготовки.

В процесі зварювання робочий здійснює три рухи: перший – це подолання кінця електрода в напрямку заготовки з метою компенсування його згорання; другий рух – це переміщення електрода вздовж шва; третій рух - це переміщення електрода упоперек шва з метою формування його потрібної ширини (рис 5.4).

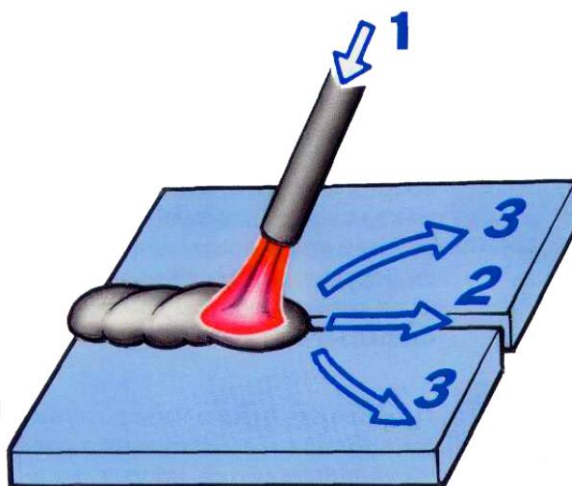


Рис. 5.4. Рухи електродом в процесі РДЗ.

Після зварювання необхідно збити шлакову кірку і візуально оцінити якість зварювання.

2. Необхідні прилади і матеріали

2.1. Пост ручного дугового зварювання (трансформатор СТШ-500, випрямляч ВД-301УЗ, інвертор TIG (WS) 200)

2.2. Електроди.

2.3. Сталева пластина.

2.4. Маска (щиток) електрозварника.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Ознайомитись з теоретичною частиною роботи. Доцільно практичну частину роботи виконувати бригадами по 5 - 6 студентів.

3.2. Визначити параметри режиму зварювання. Провести налагодження обладнання на ці параметри.

3.3. Виконати наплавку зварювального шва, збити шлакову кірку і оцінити якість наплавленого металу.

3.4. Визначають основні параметри, які були отримані при зварюванні.

4. Результати роботи

4.1. Результати роботи занести до табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Режими зварювання при ручному дуговому зварюванні

Параметр режиму зварювання	Формула для розрахунку параметру	Результат
Товщина основного металу S , мм	Вимірюється	
Діаметр електроду d , мм	Вимірюється	
Сила струму зварювання I , А	$I = (40 \dots 60) d$	
Робоча напруга U , В	Знімається з вольтметра	
Довжина дуги l , мм	$l = 0,5 (d \pm 1)$	
Продуктивність зварювання Π , г/год	$\Pi = K_n \cdot I$	

5. Контрольні запитання

5.1. Що таке ручне дугове зварювання?

5.2. Яка галузь застосування ручного дугового зварювання?

5.3. Які є основні параметри ручного дугового зварювання і як вони визначаються?

5.4. Що треба зробити для запалення дуги?

5.5. Які рухи робить робочий в процесі ручного дугового зварювання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Напівавтоматичне і автоматичне дугове зварювання

Мета роботи: засвоїти обладнання, технологію і режими автоматичного зварювання під флюсом та напівавтоматичного в середовищі захисних газів.

1. Основні теоретичні положення

Дугове зварювання під флюсом – це процес, при якому дуга горить не в повітрі, а під шаром спеціального порошкоподібного флюсу.

Зварювальний флюс (режим зварювання) – це неметалеві матеріали, які слугують для захисту металу, що наплавляється від повітря і легування металу шва необхідними присадками. Їх розплав потрібен для стабілізації процесу зварювання і покращення якості шва. Взаємодіючи з рідким металом розплавлений флюс значною мірою визначає хімічний склад металу і його механічні властивості. Утворюючи над металом кірку шлаку, флюс сприяє повільному охолодженню метала, виходу на поверхню шлакових включень і утворенню щільного і високоякісного шва. Флюси сприяють стійкому горінню дуги і стабільному протіканню процесу зварювання.

Зварювання виконується сталевим дротом без покриття.

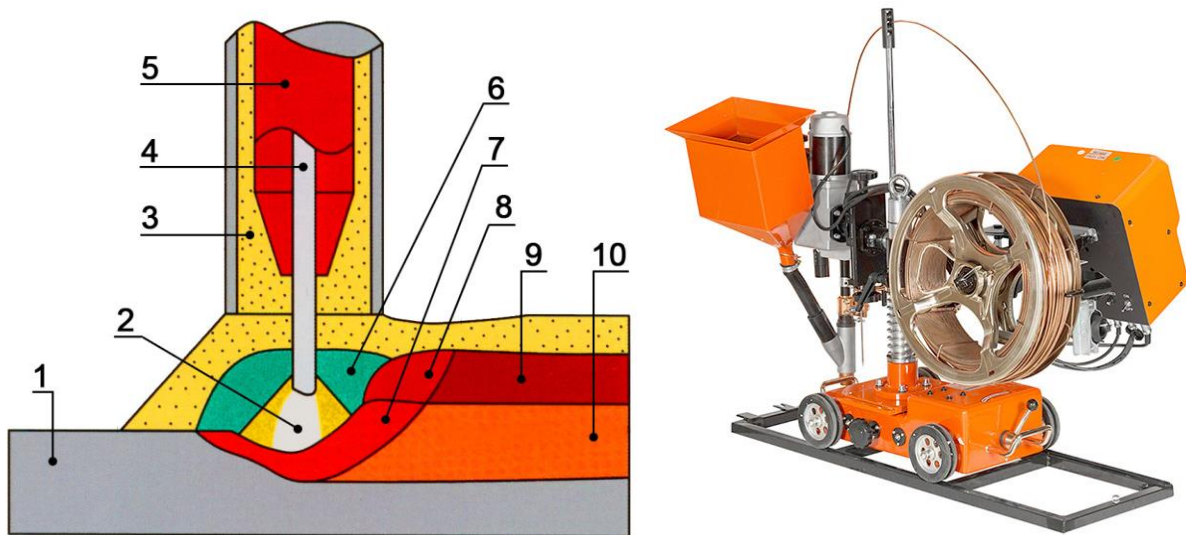
Зварювання може виконуватися в автоматичному або напівавтоматичному режимах.

При автоматичному зварюванні операції запалення і підтримання горіння дуги, подавання дроту і флюсу, переміщення дуги вздовж шва, регулювання електричних параметрів виконуються автоматично, при напівавтоматичному – переміщення дуги відносно заготовки здійснюється в ручному режимі, а інші операції – автоматично.

Схема горіння дуги при автоматичному зварюванні під флюсом (режим зварювання **SMAW** - Submerged Metal Automatic Welding) показана на рис. 6.1, а.

Подача і переміщення електродного дроту 4 механізовані. Автоматизовані процеси запалення дуги і заварювання кратера у кінці шва. Зварювальна дуга 2 горить у газовому міхурі 6, що виникає між розплавленим флюсом 3 і поверхнею розплавленого металу зварювальної ванни 7. Особливістю цього процесу є те, що при збільшенні сили струму відбувається сильне розбризкування металу, але воно здійснюється в

об'ємі газового міхура, в якому рідкий метал стікає до низу і утворює гарний зварний шов 10.



а **б**

Рис. 6.1. Дугове автоматичне зварювання під флюсом
 а – схема горіння дуги при автоматичному зварюванні під флюсом:
 1 – основний метал; 2 – зварювальна дуга; 3 – флюс;
 4 – зварювальний дріт; 5 – контактний наконечник; 6 – захисний газ; 7 – зварювальна ванна; 8 – розплавлений шлак; 9 – затверділий шлак; 10 – зварювальний шов;
 б – зварювальний трактор Jasic МК-1.

Завдяки можливості виконувати процес при великих силах струму, зварювання під флюсом являє собою високопродуктивний спосіб. Переваги автоматичного зварювання під флюсом в порівнянні з ручним: підвищення продуктивності процесу зварювання в 5...10 разів, підвищення якості зварних з'єднань і зменшення собівартості 1 м зварного шва.

Для зварювання використовується змінний і постійний струм прямої чи зворотної полярності. Високі значення сили зварювального струму визначають підвищену глибину проплавлення основного металу.

У ролі обладнання для автоматичного зварювання під флюсом застосовуються зварювальні трактори (рис. 6.1, б) і головки. Зварювальний трактор - це самохідний пристрій, який рухається вздовж шва і виконує зварювання в автоматичному режимі. Він складається із електродвигуна, трансмісії, механізмів переміщення, подавання дроту і флюсу.

Зварювальні трактори застосовують для швів великої довжини і простої конфігурації в нижньому положенні в умовах підприємств.

Зварювальні головки на відміну від тракторів є стаціонарним

обладнанням, а рух здійснюють заготовки, що зварюються. Вони широко застосовуються для виготовлення зварних труб і інших виробів.

Для напівавтоматичного зварювання застосовують шлангові напівавтомати, які складаються із джерела живлення дуги, механізму подавання дроту, пальника з бункером флюсу і шланга, що з'єднує пальник з рештою механізмів. Його можна застосовувати для швів будь-якої конфігурації, як в умовах підприємств, так і в монтажних умовах.

Застосовується спосіб зварювання під флюсом для з'єднання металу товщиною від 5 до 50 мм.

Режими зварювання під флюсом містять глибину проплавлення, діаметр присаджувального дроту, силу струму, робочу напругу, швидкість зварювання та інші.

Глибина проплавлення h для стикових з'єднань:

$$h = S, \text{ мм}, \quad (6.1)$$

де S – товщина основного металу, мм.

Для кутових і таврових з'єднань:

$$h = 0,65 S, \text{ мм}. \quad (6.2)$$

Сила струму I :

$$I = (80 \dots 100) h, \text{ А}. \quad (6.3)$$

Діаметр зварювального дроту d і силу струму I підбирають:

$I, \text{ А}$	190...250	250...600	350...800	470...1000	625...1350
$d, \text{ мм}$	2	3	4	5	6

Час, швидкість і продуктивність зварювання розраховують по однакових формулах для всіх видів зварювання 5.3, 5.4 і 5.5.

Коефіцієнт наплавлення при зварюванні під флюсом звичайно дорівнює $K_n = 16 \dots 18 \text{ г/А} \cdot \text{год}$.

Дугове зварювання у середовищі захисних газів здійснюють за схемами, на яких зображені зварювання електродом, що не плавиться (режим зварювання **TIG** - Tungsten Inert Gas) (рис 6.2) і електродом, що плавиться (режим зварювання **MIG / MAG** - Metal Inert / Active Gas) (рис. 6.3).

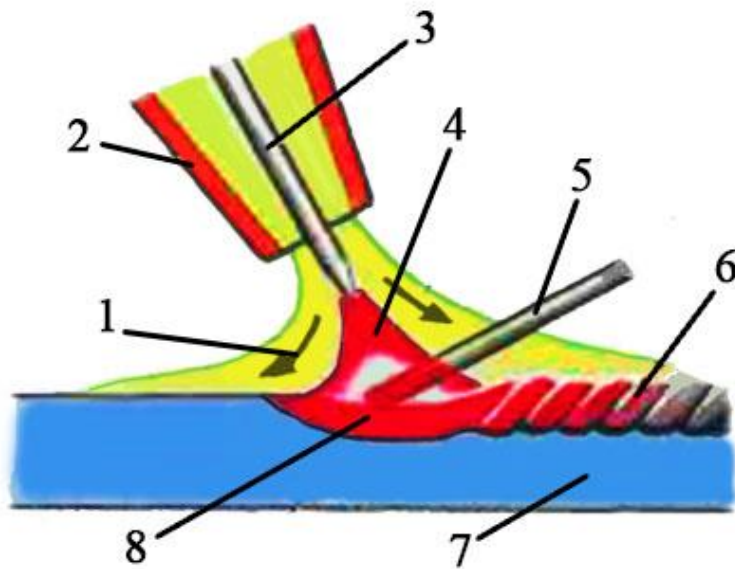


Рис. 6.2. Схема зварювання електродом, що не плавиться
 1 – захисний газ (аргон); 2 – сопло горілки; 3 – не плавкий електрод (вольфрамовий);
 4 – зварювальна дуга; 5 – присаджувальний пруток; 6 – зварювальний шов;
 7 – основний метал; 8 – зварювальна ванна

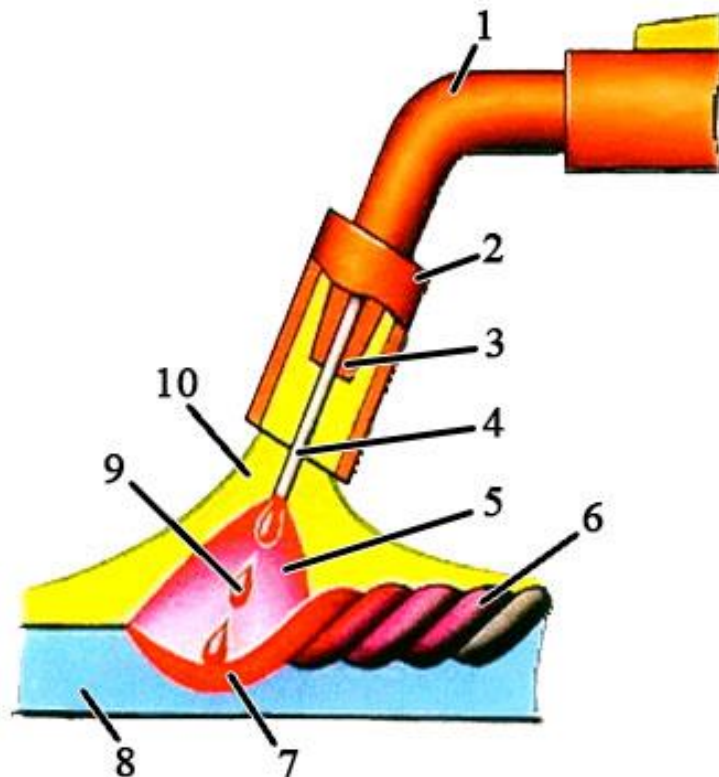


Рис. 6.3. Схема зварювання електродом, що плавиться
 1 – пальник; 2 – сопло; 3 – струмопровідний наконечник; 4 – електродний дріт;
 5 – зварювальна дуга; 6 – зварювальний шов; 7 – зварювальна ванна;
 8 – основний метал; 9 – краплі електродного металу; 10 – газовий захист

При зварюванні в захисному газі електрод, зона дуги і зварювальна

ванна захищені струменем газу. В якості захисних газів застосовують інертні гази (аргон і гелій) і активні гази (вуглекислий газ, азот, водень тощо), а іноді - суміші двох газів і більше. В Україні – виключно аргон і вуглекислий газ.

Зварювання в середовищі захисних газів в залежності від ступеня механізації процесів подачі присадного або зварювального дроту і переміщення зварювального пальника може бути ручне, напівавтоматичне й автоматичне.

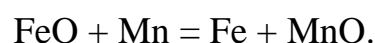
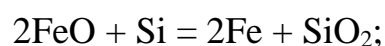
Таке зварювання забезпечує гарний захист розплавленого металу від дії кисню і азоту повітря, а також більшу концентрацію тепла, яка дозволяє отримувати меншу зону термічного впливу. Завдяки цьому зменшується вплив зварного шва на розміщення зварного з'єднання. Спосіб дозволяє зварювати метали, товщина яких складає від часток міліметрів до десятків міліметрів.

При зварюванні низьковуглецевих і низьколегованих сталей звичайно використовують вуглекислий газ.

Зварювання у вуглекислому газі виконується на постійному струмі зі зворотною полярністю, що запобігає появі пористості в наплавленому металі і дає змогу зварювати листові заготовки з вуглецевої і низьколегованої будівельної сталей. Спосіб може виконуватись у напівавтоматичному, автоматичному або роботизованому режимах.

Процес звичайно здійснюють за схемою зварювання електродом, що плавиться, за допомогою пальників-тримачів. Електродний дріт 4 автоматично подається в зону горіння дуги 5, де плавиться, створюючи зварювальну ванну 7. Вуглекислий газ проходить через сопло 2 і захищає наплавлений метал від повітря.

Захист розплавленого металу від окислювання відбувається за допомогою хімічних елементів – розкислювачів, таких як кремній, марганець, алюміній тощо, які містяться у складі зварювального дроту. Наприклад, розкислювання заліза за допомогою кремнію і марганцю відбувається за реакціями:



Застосовують зварювальні дроти марок Св-08ГС, Св-08Г2СА, порошковий дріт ПП-АН-63 та інші.

Зварювання в середовищі вуглекислого газу виконують на обладнанні, що комплектується з джерела живлення, напівавтомата (або

робота), який складається з механізму подачі зварювального дроту, касети зі зварювальним дротом, гнучким шлангом з пальником, блоком керування тощо, а також газовим балоном і газовим редуктором (рис. 6.4). В якості джерела живлення використовують випрямлячи і інвертори.

Схема поста для напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу, що знаходиться в лабораторії зварювання, показана на рис. 6.4.

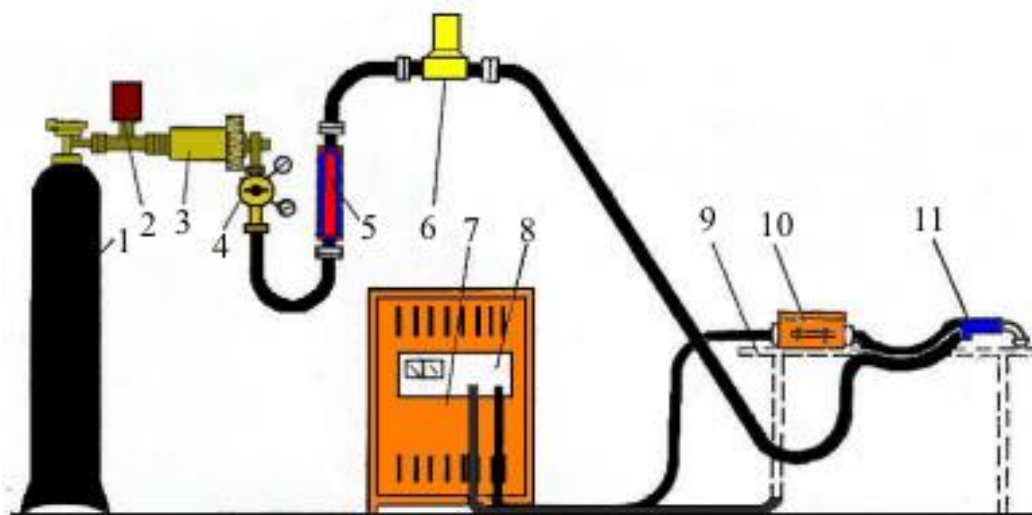


Рис. 6.4. Схема поста напівавтоматичного зварювання в середовищі CO_2
 1 – балон з CO_2 ; 2 – підігрівник; 3 – осушувач; 4 – редуктор; 5 – витратомір;
 6 – газоелектричний клапан; 7 – джерело живлення (випрямляч ВДГ-303);
 8 – блок керування; 9 – стіл зварника; 10 – механізм подачі зварювального дроту
 (напівавтомат ПДГ 312-У3); 11 – зварювальний пальник

Параметрами режиму автоматичного і напівавтоматичного зварювання в середовищі вуглекислого газу є діаметр зварювального дроту, сила струму, напруга, витрати вуглекислого газу в одиницю часу, швидкість зварювання.

Вибір дроту, силу струму, напруги, витрати захисного газу за одиницю часу відбувається за спеціальними рекомендаціями, наприклад, за такими, що подані в табл.6.1.

Таблиця 6.1

Товщина металу, мм	Діаметр дроту, мм	Струм, А	Напруга, В	Витрати CO_2 , л/хв
0,6...1,0	0,5...0,8	50...60	18	6...7
1,2...2,0	0,8...1,0	70...110	18...20	10...12
3...5	1,6...2,0	160...200	27...29	14...16
6...8	2	280...300	28...30	16...18

Час, швидкість і продуктивність зварювання розраховують по однакових формулах для всіх видів зварювання 5.3, 5.4 і 5.5.

Коефіцієнт наплавлення при зварюванні в середовищі вуглекислого газу звичайно дорівнює $K_n = 10 \dots 14$ г/А·год.

2. Необхідні прилади і матеріали

2.1. Макет зварювального трактора.

2.2. Установка УД-209 (випрямляч ВДУ-506).

2.3. Напівавтомат ПДГ-312УЗ та інвертор Tesla Weld MMA 295.

2.4. Джерела живлення дуги (випрямляч ВДГ-303).

2.5. Зварювальні дроти.

2.6. Сталеві пластини.

2.7. Зварювальний флюс марки АН-348А.

2.4. Маска (щиток) електрозварника.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Ознайомитись з основними принципами зварювання під флюсом та в середовищі захисних газів.

3.2. Ознайомитись з конструкцією і принципом дії обладнання для зварювання під флюсом і в середовищі вуглекислого газу.

3.3. Визначити основні параметри автоматичного зварювання під флюсом і в середовищі вуглекислого газу.

4. Результати роботи

4.1. Результати визначення основних параметрів занести до зошита.

5. Контрольні запитання

5.1. Що таке зварювання під флюсом?

5.2. Яка роль флюсу при цьому зварюванні?

5.3. Яка галузь застосування автоматичного і напівавтоматичного зварювання під флюсом?

5.4. Яке обладнання застосовується при зварюванні під флюсом?

5.5. Яка роль захисних газів при зварюванні і яку бувають гази?

5.6. Яке обладнання застосовується при зварюванні в середовищі вуглекислого газу?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Контактне електричне зварювання

Мета роботи: засвоїти обладнання, технологію і техніку контактних електричних видів зварювання.

1. Основні теоретичні положення

Контактна зварювання – це процес отримання зварних з'єднань, при якому поверхні, що зварюються, розігріваються електричним струмом до рідкого або термопластичного стану з одночасним або наступним сильним стискуванням. Відноситься до термомеханічного класу видів зварювання – із використанням теплової енергії і тиску.

Нагрів здійснюється при проходженні електричного струму через заготовки за рахунок виділення тепла у місці контакту за законом Джоуля – Ленца:

$$Q = I^2 R t, \quad (7.1)$$

де I – сила струму, R – електроопір, t – час.

Завдяки великому електроопору, в місці контакту заготовок виділяється більше тепла. Це викликається тим, що на поверхні металу є плівки оксидів і забруднення з малою електропровідністю, які збільшують електроопір контакту. У зв'язку з цим місце контакту нагрівається до високої температури і стає найбільш пластичною частиною заготовок. При стискуванні нагрітих заготовок відбувається їх повне зближення до міжатомних відстаней, тобто зварювання.

Нагрів здійснюється, в більшості випадків, змінним електричним струмом.

Контактне зварювання буває стикове, точкове і шовне.

Стикове зварювання – вид контактного зварювання, при якому заготовки зварюються по всій поверхні зіткнення (рис. 7.1,а). Вони закріплюються у рухомих затискувачах стикової машини. Живлення електричним струмом здійснюється через зварювальний трансформатор. Контактні поверхні розігріваються, заготовки стискуються механізмом осадки і відбувається зварювання. В результаті пластичної деформації і

швидкої рекристалізації в зоні утворюються рекристалізовані зерна з матеріалу обох деталей.

За способом виконання поділяють на зварювання опором (рис. 7.1,б) і зварювання оплавленням (рис. 7.1,в).

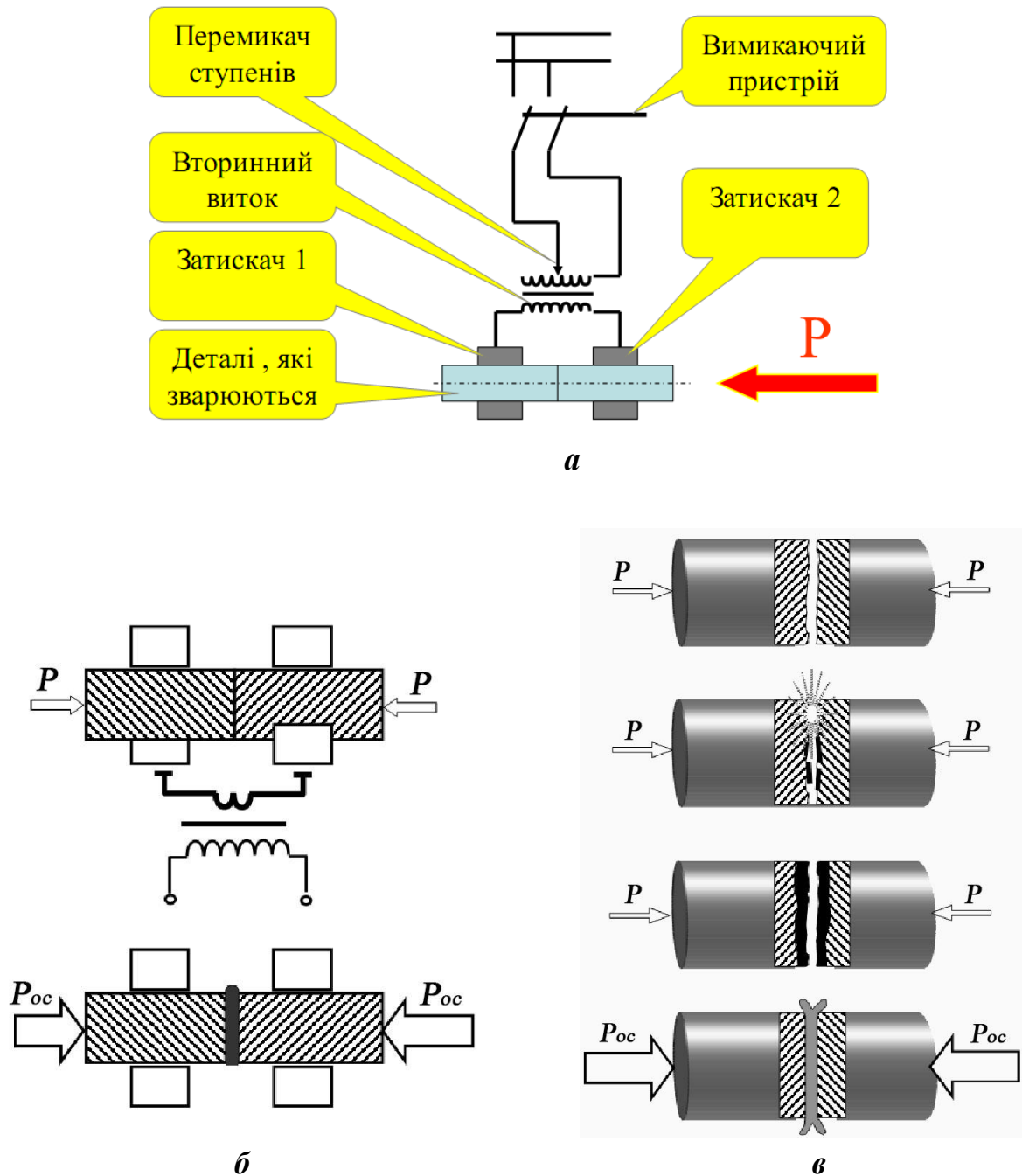


Рис. 7.1. Стыковое контактное электрозваривания

а – схема стыкового сваривания;

б – схема стыкового сваривания опором; в – схема стыкового сваривания оплавлением

При стиковому зварюванні опором торці заготовок обробляються таким чином, щоб поверхні їх були розташовані перпендикулярно напрямку зварювання, і гарно прилягали один до одного. При проходженні електричного струму торці розігріваються до пластичного стану. Після сильного стискування одержується шов плавної конфігурації.

Застосовують для з'єднання виробів перерізом до 300 мм². При більшому перерізі не досягається рівномірного нагрівання по всьому перерізу стику і якість з'єднання погіршується.

Стикове зварювання оплавленням не передбачає обробку торців заготовок. В цьому випадку заготовки з нерівними торцями доводяться до контакту і крізь них пропускають електричний струм. Це викликає оплавлення торців і після стискування утворюється зварний шов. При цьому частина металу зі шва витискується у вигляді грата. У процесі оплавлення вирівнюються нерівності стику, а оксиди і забруднення видаляються, тому не потрібна підготовка місця з'єднання.

Якість зварних швів вище при зварюванні опором, але завдяки простій технології більш розповсюдженим є зварювання оплавленням.

Стиковим зварюванням можна зварювати заготовки з різним перетином, а також різнорідні метали (швидкорізальну і вуглецеву сталі, мідь та алюміній і т.д.). Широко застосовується для зварювання арматурних стрижнів, труб та інших виробів.

Точкове зварювання (рис. 7.2) полягає в тому, що заготовки затискують між електродами внапуск і пропускають електричний струм великої сили, що викликає розігрів місця контакту до термопластичного стану. Після сильного стискування одержують зварну точку або електрозаклепку.

Застосовують цей спосіб для зварювання сталі сумарна товщина листів якої не перевищує 10...12 мм.

Точкове зварювання в залежності від кількості і розташування електродів по відношенню до заготовок може бути двобічним і одnobічним, одноточковим і багатоточковим.

Багатоточкове зварювання – різновид контактного зварювання, коли за один цикл зварюються кілька точок. Багатоточкові машини можуть зварювати від 2 до 200 точок одночасно.

Багатоточкове зварювання застосовують в основному в масовому виробництві, де потрібна велика продуктивність.

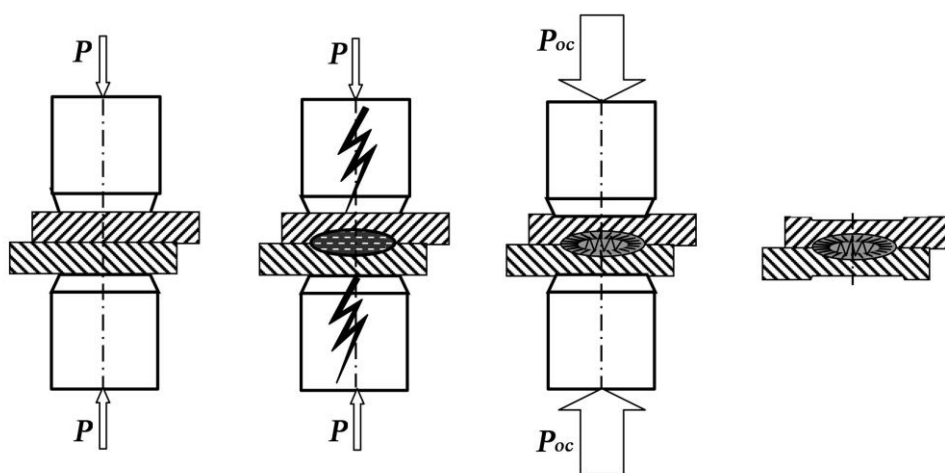
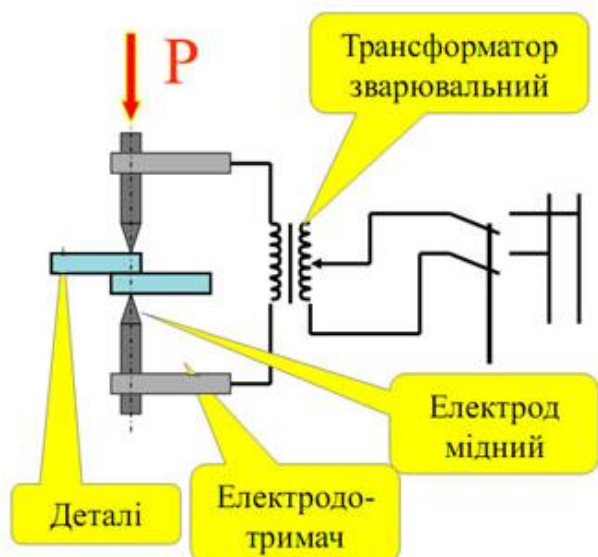


Рис. 7.2. Точкове контактне електрозварювання

Таким чином зварюються кузови автомобілів і тракторів, арматурні каркаси і сітки. Зварене з'єднання має велику міцність і його можна застосовувати для виготовлення несучих конструкцій. Це зварювання дуже продуктивне.

Шовне (роликоче) зварювання (рис. 7.3) дає можливість одержувати безперервні або перервні шви великої довжини внапуск. Воно полягає в тому, що листи металу товщиною до 5 мм затискають і прокатують між двома електродами у вигляді роликів. Крізь ролики проходить електричний струм великої сили, вони обертаються і на них діє стискуюче зусилля. В результаті метал у місці контакту з роликами розігрівається до термопластичного стану і утворюється суцільний шов, складений із окремих зварних точок, що перекривають одне одного. Спосіб дає можливість одержати герметичні шви і широко застосовується для одержання зварних труб, бензобаків, цистерн тощо.

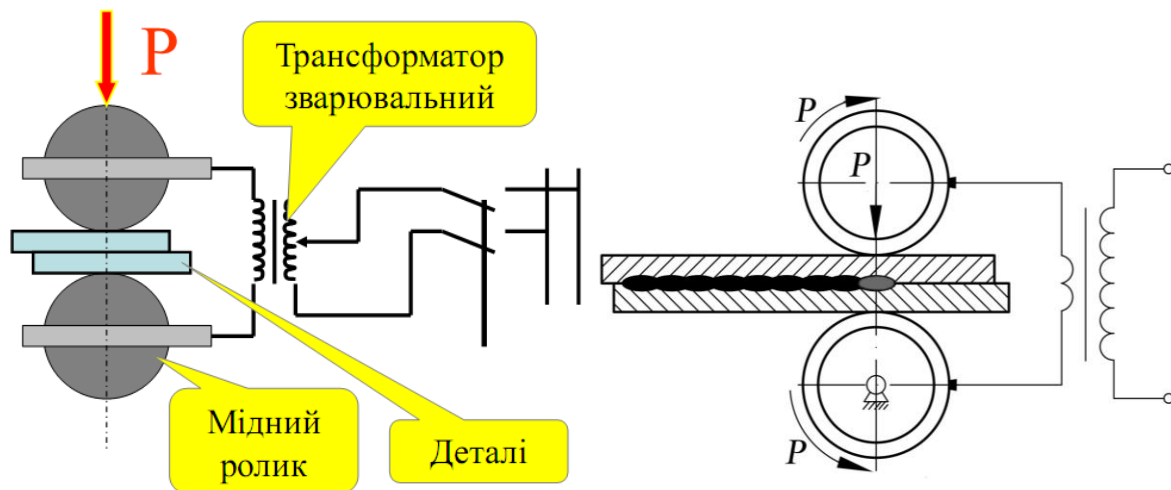


Рис. 7.3. Шовне (роликове) контактне електрозварювання

До основних параметрів режиму стикового контактного зварювання оплавленням відноситься припуск на осадку, сила струму, зусилля осадки, час зварювання.

Припуск на осадку і час зварювання вибирають за таблицею залежно від діаметру стрижнів, що зварюються (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Діаметр стрижня, d , мм	5	10	15	20	30	40
Припуск, мм	5	8	13	17	25	40
Час зварювання, с	2	3	6	10	20	40

Сила струму:

$$I = i \cdot F, \text{ А}, \quad (7.2)$$

де i – щільність струму (для низьковуглецевої сталі) при зварюванні оплавленням $i = 25 \dots 30 \text{ А/мм}^2$, при зварюванні опором $i = 140 \dots 200 \text{ А/мм}^2$; F – площа перерізу заготовок, мм^2 .

Зусилля осадки:

$$P = p \cdot F, \text{ МН}, \quad (7.3)$$

де p – тиск осадки для низьковуглецевої сталі: при зварюванні оплавленням $p = 80 \dots 100 \text{ МПа}$, при зварюванні опором $p = 10 \dots 30 \text{ МПа}$.

До основних параметрів точкового зварювання відносяться: параметри електродів, сила струму, зусилля стискування, час зварювання.

До параметрів електродів належать діаметр стержня D і діаметр контактної поверхні d . Вони визначаються залежно від товщини металу, що зварюється (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Товщина металу, мм	0,5	0,8	1,0	1,2	1,5	2,0
D , мм	12	12	12	16	16	20
d , мм	4	5	5	6	7	8

Сила струму:

$$I = \frac{\pi d^2}{4} i, \text{ А}, \quad (7.4)$$

де i – щільність струму. Для низьковуглецевої сталі $i = 140 \dots 200 \text{ А/м}^2$.

Сила стискування:

$$P = \frac{\pi d^2}{4} p, \text{ Н} \quad (7.5)$$

де p – тиск на електродах. Для низьковуглецевої сталі $p = 80 \dots 100 \text{ МПа}$.

Час зварювання складає $0,5 \dots 2,3 \text{ с}$.

2. Необхідні прилади і матеріали

2.1. Машина стикового зварювання АСИФ – 75У.

2.2. Машина точкового зварювання АТП – 10 і зварювальні кліщі.

2.3. Машина шовного (роликового) зварювання МШМ – 15.

2.4. Арматурні стрижні

2.5. Листова сталь та прутки.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Ознайомитись з будовою і роботою обладнання для основних видів контактного зварювання.

3.2. Ознайомитись з технологією і робочими параметрами стикового, точкового і шовного зварювання.

3.3. Засвоїти практику зварювання і виконати різні види контактного зварювання арматури, листової сталі або прутків.

3.4. Визначити необхідні параметри стикового зварювання арматури оплавленням і точкового зварювання.

4. Результати роботи

4.1. Результати роботи занести до табл. 7.3.

Таблиця 7.3

Режими зварювання при контактних видах зварювання

Параметр режиму зварювання	Формула для розрахунку параметра	Результат
<i>для контактного стикового зварювання оплавленням</i>		
Сила струму I , А <i>Оплавленням –</i> <i>Опором -</i>	$I = i \cdot F;$ $(i = 25...30 \text{ А/мм}^2)$ $(i = 140...200 \text{ А/мм}^2)$	
Площа перерізу заготовки F , мм ²	$F = \pi R^2$	
Зусилля осадки P , МН	$P = F \cdot p$	
<i>для контактного точкового зварювання</i>		
Діаметр стержня D , мм діаметр контактної поверхні d , мм і товщина металу, що зварюється	Вимірюються	
Сила струму I , А	$I = \frac{\pi d^2}{4} i,$ $(i = 140...200 \text{ А/мм}^2)$	
Сила стискування P , Н	$P = \frac{\pi d^2}{4} p,$ $p = 80...100 \text{ МПа}$	
Час зварювання, с	0,5...2,3	

5. Контрольні запитання

5.1. Що таке контактне зварювання і чим воно відрізняється від дугового?

5.2. Які є різновиди контактного зварювання?

5.3. Які основні елементи входять до складу контактних машин?

5.4. Які основні параметри контактного зварювання?

5.5. Яка галузь застосування кожного із видів контактного зварювання?

5.6. Які основні переваги контактного зварювання над дуговим?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

Газове зварювання і різання металів

Мета роботи: ознайомитись з технологією і обладнанням для газового зварювання і різання металів.

1. Основні теоретичні положення

Газове зварювання – зварювання при якому основний і присаджувальний метал розігріваються за допомогою полум'я, що утворюється при згоранні горючого газу в атмосфері кисню. Відноситься до термічного класу видів зварювання - за допомогою плавлення, в яких для розплавлення металу використовують теплову енергію.

У ролі горючих газів застосовуються пропан, бутан, природній газ, пари бензину, керосину та інші. Але найчастіше застосовують ацетилен C_2H_2 , який при згорянні в кисні в порівнянні з іншими горючими газами утворює полум'я з найбільшою температурою (3000...3400°C). Схема ацетиленокисневого полум'я показана рис. 8.1. Факел полум'я виконує захисні функції, покриваючи рідкий метал зварної ванни від проникнення кисню і азоту з повітря.

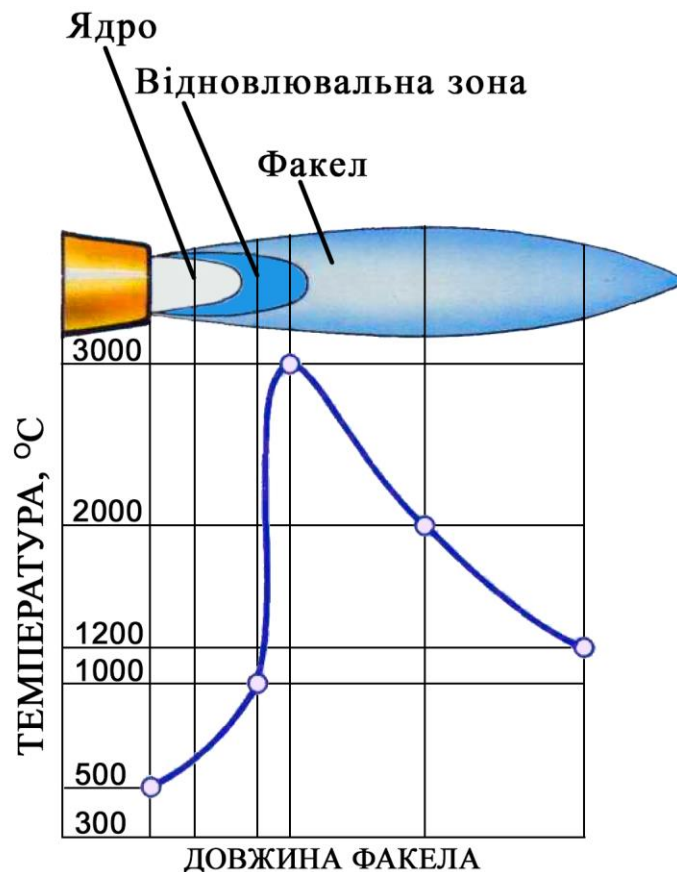


Рис. 8.1. Схема ацетиленокисневого полум'я

Ядро полум'я, яке містить суміш (ацетилену і кисню) $C_2H_2 + O_2$. Робоча або відновлювальна частина полум'я, яка складена з $CO + H_2$. Факел, який вміщує суміш продуктів згоряння CO_2, H_2 і повітря.

В залежності від значення β , яке показує відношення об'єму ацетилену до об'єму кисню, полум'я може бути нормальним ($\beta = 1 \dots 1,3$), науглецьовувальним ($\beta > 1,3$) і окислювальним ($\beta < 1$). Регулюють характер полум'я на око за його кольором. Окислювальне полум'я має світло-блакитний відтінок. Його використовують при зварюванні латуней. Навуглецьовувальне полум'я має червонуватий відтінок, коптить. Його використовують при зварюванні чавуну. Нормальним полум'ям зварюють більшість сталей.

Ацетилен здобувають в спеціальних генераторах.

Ацетиленові генератори мають різні розміри і конструкції. Одним із характерних типів генераторів є АСП-1,25 (рис. 8.2). Цей генератор складається із сталевго корпусу 1, в який заливається вода, і підвішеної корзини для карбїду кальцію 7. Ацетилен, що виділяється при взаємодїї карбїду кальцію з водою, накопичується у верхньому відсіку, проходить у нижній відсік, де очищується і охолоджується і через водяний затвор 5 проходить до пальника.

Якщо відбір ацетилену припиняється, тиск у верхньому відсіку зростає, завдяки чому знижується рівень води у відсіку і корзина виходить із контакту з водою.

Водяний затвор 5 – це пристрій для запобігання зворотних ударів, тобто проходження полум'я у генератор. Він містить зворотний клапан, який у випадку зворотного удару зачинається і продукти згорання руйнують діафрагму і викидаються в атмосферу. Запобіжні пристрої можуть бути гїдралїчними (водяними) і сухими.

Кисень поставляють в **кисневих балонах**, які мають об'єм 40 л і тиск до 150 МПа. Балони з киснем фарбують у блакитний колір. Для зниження тиску кисню від того, що є у балоні до потрібного (0,2...0,3 МПа) застосовують кисневий редуктор, який закріплюється на горловині балона.

Кисневий редуктор має сталевий корпус, в якому розміщені дві камери: високого і низького тиску. Між цими камерами знаходиться клапан, який притискується до сїдла за допомогою пружини. Другий кінець клапана з'єднаний з діафрагмою, яка теж підтискується пружиною.

Якщо тиск на виході із редуктора стає менше за розрахунковий, діафрагма піднімає клапан і пропускає порцію кисню. Як тільки тиск

перевищить розрахунковий, діафрагма відтискується і клапан зачиняється. Таким чином в процесі роботи клапан і діафрагма знаходяться в безперервному коливальному русі. Тиск на виході із редуктора регулюється гвинтом і контролюється за допомогою манометра.

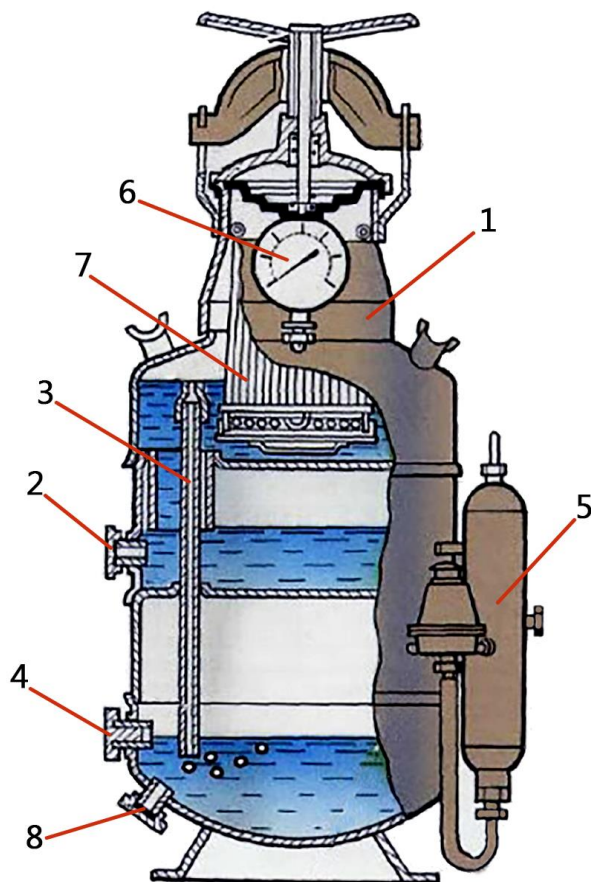


Рис. 8.2. Схема ацетиленового генератора АСП – 1,25

1 – корпус; 2 – зливна пробка; 3 – переливна трубка; 4 – кран рівня води; 5 – водяний затвор; 6 – манометр; 7 – корзина з CaC_2 ; 8 – зливна пробка

Газове зварювання здійснюється за допомогою пальника, який зварювальник тримає у руці. Пальники бувають різних розмірів і конструкцій. За способом подавання горючого газу в камеру змішування розрізняють інжекторні (низького тиску) і безінжекторні (рівного тиску). Найбільш поширені – інжекторні пальники (рис. 8.3).

Конструкція пальника повинна забезпечувати ефективне змішування газів і створення однорідної газокисневої суміші. В інжекторних пальниках це досягається за допомогою інжектора – вузького каналу, в якому швидкість проходження кисню різко зростає, внаслідок чого утворюється розрядження. За рахунок цього забезпечується всмоктування ацетилену

(тиск якого 0,001...0,15 МПа) і його активне змішування з киснем.

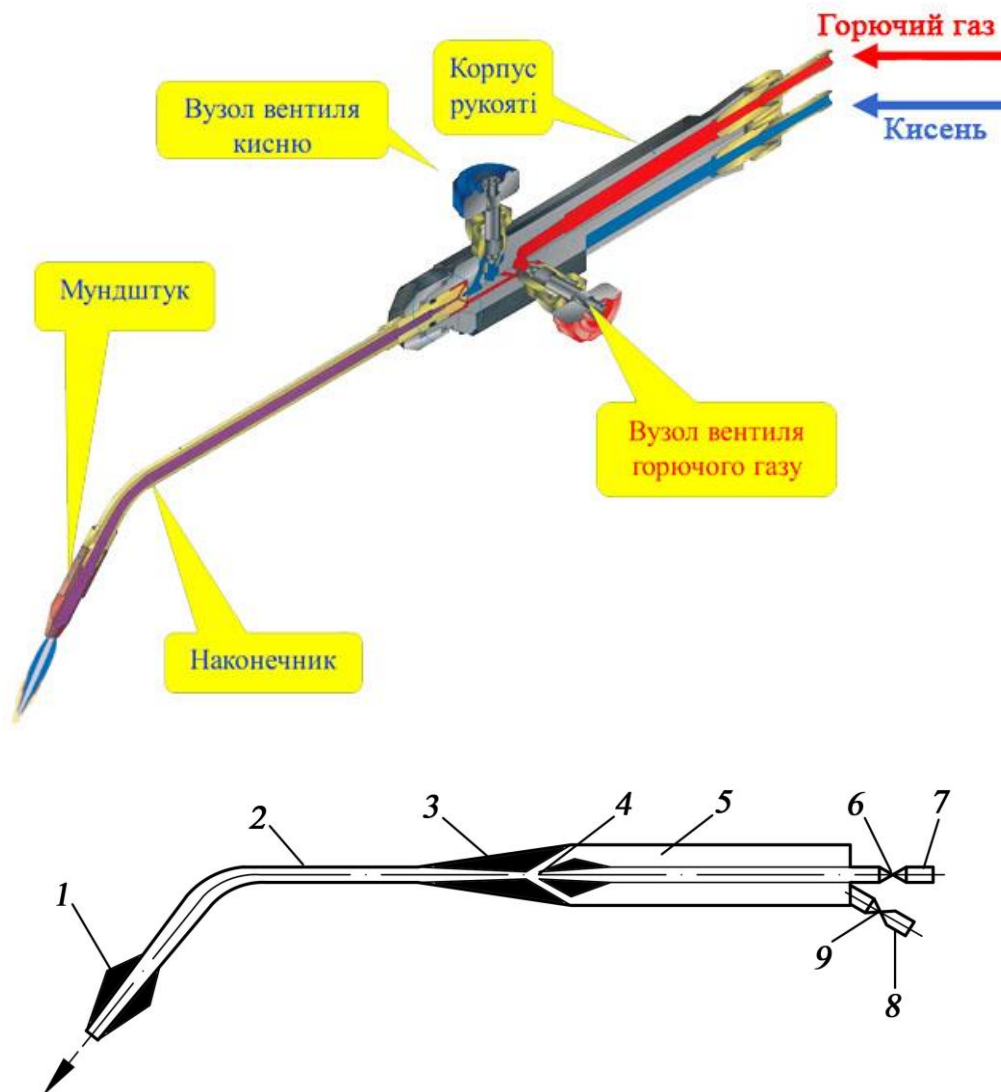


Рис. 8.3. Схема інжекторного пальника

- 1 – мундштук; 2 – наконечник; 3 – камера змішування; 4 – інжектор;
5 – канал ацетилену; 6 – вентиль кисню; 7 – шланг кисню;
8 – шланг ацетилену; 9 – вентиль ацетилену

Існує два способи газового зварювання – лівим і правим способом. Відмінності між способами в напрямку руху пальника і присадочного дроту.

При зварюванні правим способом (рис 8.4,*a*) пальник спрямований в бік шва який кристалізується. Переміщення зліва направо. Зварювання правим способом рекомендують застосовувати для деталей товщиною понад 3 мм. У деталей повинна бути оброблення крайок, а при великих товщинах кут оброблення зменшують. Теплова енергія більш зосереджена,

ніж при зварюванні лівому способі. Якщо товщина деталей більше 8 мм роблять коливальні рухи мундштуком пальника. Деталі тонше зазначеної товщини можна робити без маніпуляцій мундштуком. Кінець присадочного дроту слід тримати зануреним в зварювальну ванну, переміщати разом з пальником та виконувати спіралеподібні рухи.

При зварюванні лівим способом (рис. 8.4,б) пальник спрямована в бік крайок. Напрямок зварювання зліва направо. Цей спосіб застосовують для з'єднання деталей не товще 3 мм або для легкоплавких металів. Присадочний дріт ведуть перед полум'ям, а його кінець повинен знаходитися в відновлювальній зоні зварювального полум'я. При зварюванні даними способом факел полум'я гірше захищає метал від впливу з навколишнім середовищем.

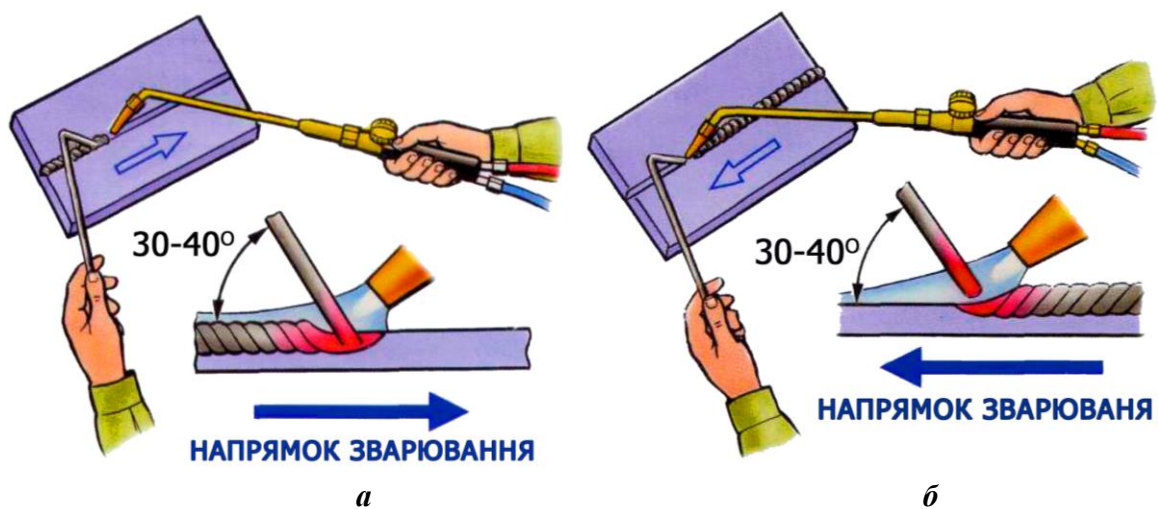


Рис. 8.4. Способи газового зварювання
а – правий; б – лівий

Основними параметрами газового зварювання є витрати ацетилену і кисню, діаметр присаджувального прутка, кут нахилу пальника до поверхні заготовки.

Витрати ацетилену A і визначаються:

$$A = k \cdot S, \text{ л/год}, \quad (8.1)$$

де S – товщина заготовки, мм; k – коефіцієнт пропорційності (для сталі – 100...120, для міді – 160, для алюмінію – 75).

Витрати кисню приймають для нормального полум'я:

$$K = (1,1 - 1,2)A, \text{ л/год.} \quad (8.2)$$

Діаметр присаджувального прутка:

$$\begin{aligned} d &= 0,5S+1, \text{ мм, якщо } S \leq 10 \text{ мм;} \\ d &= S, \text{ якщо } S > 10 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (8.3)$$

Кут нахилу пальника α до поверхні заготовки приймають:

S, мм	> 1	1...3	5...7	10...12	> 15
α, град	10	20	40	60	80

Газове зварювання застосовується для зварювання заготовок із сталі і кольорових металів невеликої товщини (< 3 мм) в умовах одиничного виробництва, ремонту або монтажу обладнання.

Газове (кисневе) різання – це різання сталі, що базується на її властивості згорати в струмені кисню з виділенням великої кількості тепла. Для початку різання метал потребує розігріву до температури початку горіння металу (1000...1100 °С), що здійснюється з допомогою газокисневого полум'я.

Основною умовою газового різання є умова, при котрій температура горіння металу менша за температуру його плавлення. Виходячи з цієї умови сталі з невеликою кількістю вуглецю ріжуться гарно, а чавуни – не ріжуться.

Різак має конструкцію, подібну до пальника, але відрізняється наявністю додаткової трубки з краном, крізь яку проходить ріжучий кисень (рис.8.5). Наконечник пальника зігнутий під кутом 90°.

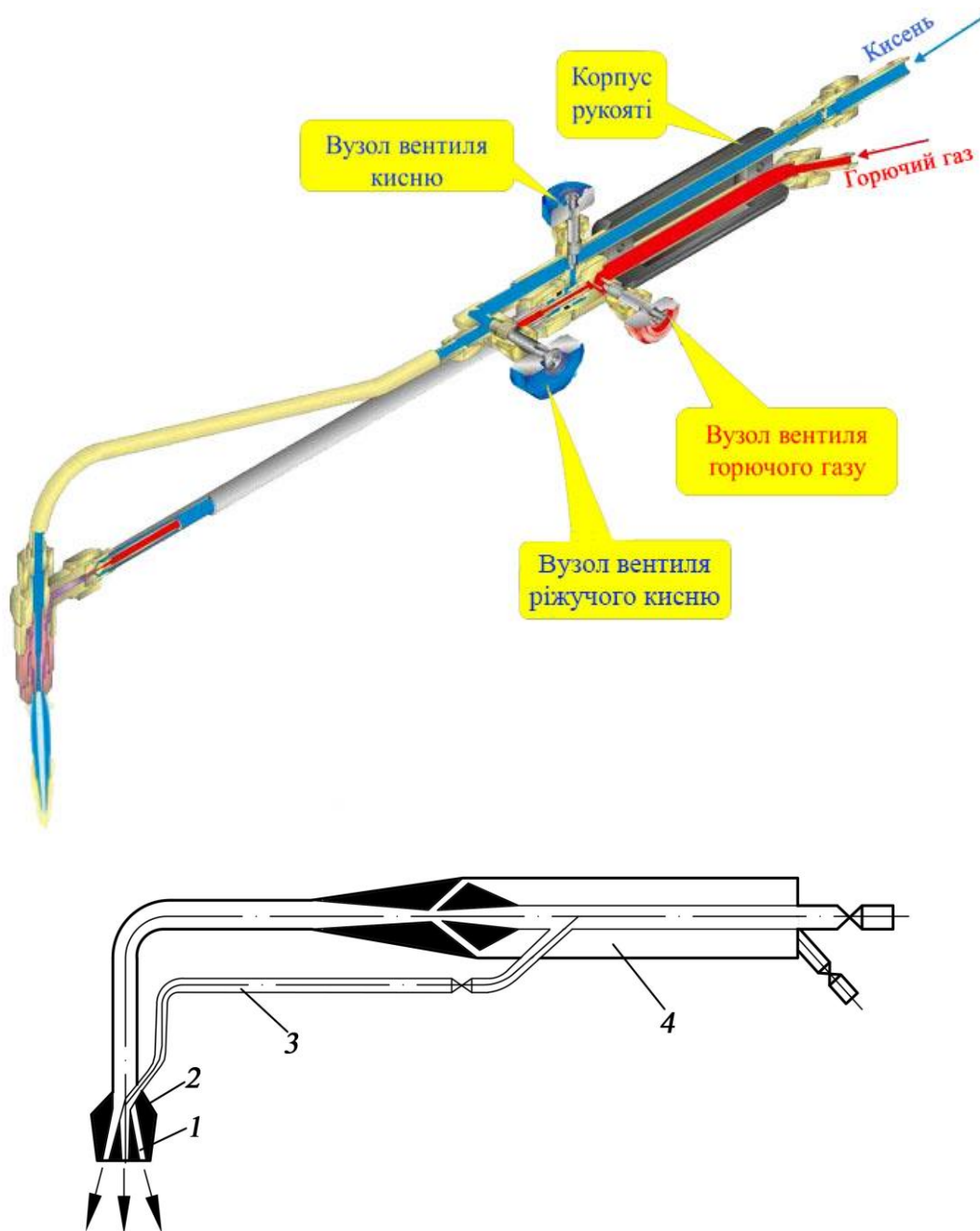


Рис. 8.5. Схема газокисневого різачка:

1 – вихідні канали; 2 – мундштук; 3 – додаткова трубка кисню; 4 – канал ацетилену

2. Необхідні прилади і матеріали

2.1. Макет ацетиленового генератора.

2.2. Кисневий балон з редуктором.

2.3. Газові пальники.

2.4. Газові різачки.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Ознайомитись з конструкцією і принципом дії обладнання для газового зварювання і різання.

3.2. Ознайомитись з основами технології газового зварювання і різання.

3.3. Розглянути методику вибору основних параметрів зварювання.

4. Результати роботи

4.1. Результати визначення основних параметрів занести до зошита.

5. Контрольні запитання

5.1. Які гази застосовують для газового зварювання?

5.2. Як здобувають ацетилен при газовому зварюванні ?

5.3. З допомогою чого регулюють тиск кисню?

5.4. Що тримає зварювальник у лівій і правій руці?

5.5. Якими основними параметрами характеризується газове зварювання?

5.6. На чому засноване газове різання?

5.7. Чим відрізняється газокисневий різак від пальника?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шаленко В.О. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів (модуль 1): методичні вказівки до виконання лабораторних робіт / В.О. Шаленко, А.А. Маслюк. – Київ: КНУБА, 2023. – 72 с.
2. Кондрашев П.В. Матеріалознавство: лабораторний практикум / П.В. Кондрашев та ін. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 55 с, електронні текстові дані.
3. Ошовський В.Я. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів: лабораторний практикум – Первомайськ: ПФ НУК, 2018. – 192 с.
4. Опальчук А.С. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів: лабораторний практикум / А.С. Опальчук та ін. – Київ: НУБіП, 2015. – 428 с.
5. Добровольський О.Г. Особливості зварювання сталей. / О.Г. Добровольський, В.А. Косенко, В.О. Шаленко, А.А. Маслюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ: КНУБА, 2018. – Вип. 92. – С. 49-55.
6. Корнійчук Б.В. Технологія машинобудування та верстатне обладнання автоматизованого виробництва (модуль 1): методичні вказівки та завдання до виконання розрахунково-графічної роботи / Б.В. Корнійчук, А.Т. Свідерський, В.О. Шаленко. – Київ: КНУБА, 2023. – 40 с.
7. Богуславський В.Є. Проектування заготовок і технології їх виготовлення: навчальний посібник / В.Є. Богуславський, В.М. Гарнець, В.О. Шаленко. – Київ: КНУБА, 2016. – 140 с.
8. Добровольський О.Г. Матеріалознавство та матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник – Київ: КНУБА., 2014 – 165 с.
9. Добровольський О.Г. Метали і зварювання у будівництві: навчальний посібник – Київ: КНУБА, 2012. – 204 с.
10. Гарнець В.М. Металознавство і зварювання: навчальний посібник / В.М. Гарнець, Я.Ю. Лобков – Київ: КНУБА, 2012. – 132 с.
11. Гарнець В.М. Матеріалознавство та конструкційні матеріали: підручник / В.М. Гарнець, В.М. Гарнець, В.О. Шаленко. – Київ: ФОП «Приятелєв», 2014. – 436 с, 2-е видання.
12. Гарнець В.М. Матеріалознавство: підручник – Київ: Кондор, 2009. – 386 с.
13. Власенко А.М. Матеріалознавство та технологія металів: підручник – Київ: Літера ЛТД, 2019. – 224 с.

Навчально-методичне видання

МЕТАЛИ І ЗВАРЮВАННЯ У БУДІВНИЦТВІ

Методичні вказівки
до виконання лабораторних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
за освітньо-професійною програмою
«Промислове і цивільне будівництво»

Укладачі **ШАЛЕНКО** Вадим Олегович,
КОРНІЙЧУК Борис Валерійович
МАСЛЮК Андрій Анатолійович

Комп'ютерне верстання *В.О. Шаленко*

Підписано до друку 04.10.2023 р. Зам. № 109.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Друк – цифровий.
Наклад 100 прим. Ум. друк. арк. 4,9.
Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво ДК №4131 від 04.08.2011 р.
м. Київ, вул. Васильківська, 32
067-209-54-30, 097-533-18-07
email: komprint@ukr.net