



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ МАШИН, СПОРУД І
ТЕХНОЛОГІЙ

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ І ОБЛАДНАННЯ
ЗВАРЮВАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторних робіт

з дисципліни:

«НАПЛАВЛЕННЯ ТА НАПИЛЕННЯ»
РОЗДІЛ «НАПЛАВЛЕННЯ»

для студентів денної та заочної форми навчання для
підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня
«Бакалавр»
напряму підготовки 6.050504 «Зварювання»



ТЕРНОПІЛЬ
2016

УДК 621.79

ББК 30.61

M54

Укладачі:

докт. техн. наук, професор Пулька Ч.В.
асистент Сенчишин В.С.

Рецензент:

докт. техн. наук, професор Барановський В.М.

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри технології і обладнання зварювального виробництва. Протокол №5 від 24.11.2016р.

Затверджено та рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії ФМТ ТНТУ імені Івана Пулюя. Протокол №4 від 28.11.2016 р.

M54

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Наплавлення та напилення». Розділ «Наплавлення» / Ч.В. Пулька, В.С. Сенчишин. – Тернопіль.: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. –66 с.

Методичні вказівки розроблено відповідно до навчального плану та робочої програми з дисципліни «Наплавлення та напилення» для підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» напрямку підготовки 6.050504 «Зварювання».

УДК 621.791
ББК 30.61

© Ч.В. Пулька, В.С. Сенчишин., 2016
© ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016

ЗМІСТ

с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1 «Дослідження роботи самохідного автомату типу А-874Н, призначеного для виконання наплавлювальних робіт»	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2 «Дослідження впливу розміщення пальника на якість формування валика при наплавленні циліндричних деталей»	21
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3 «Методи вимірювання температури при різних способах наплавлення»	26
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4 «Дослідження залежності якості наплавленого металу від його хімічного складу»	37
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5 «Особливості формування валиків при наплавленні під шаром флюсу»	40
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6 «Визначення характеристик плавлення електродного матеріалу і продуктивності наплавлення»	45
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7 «Вивчення способу індукційного наплавлення деталей машин»	50

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1
ТЕМА: «ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ САМОХІДНОГО
АВТОМАТУ ТИПУ А-874Н, ПРИЗНАЧЕНОГО ДЛЯ
ВИКОНАННЯ НАПЛАВЛЮВАЛЬНИХ РОБІТ»

МЕТА:

- Вивчити призначення, конструкцію, технічну характеристику і принцип роботи автомату А-874Н.
- Отримати теоретичні знання і практичний досвід роботи на автоматі А-874Н.
- Навчитися розраховувати і підбирати по літературним джерелам режими автоматичного наплавлення під флюсом.
- По підібраним параметрам режиму наплавлення налагодити автомат А-874Н на заданий режим.
- Наплавити на заданих режимах зразки і оцінити якість наплавлення.

ПРИЗНАЧЕННЯ І ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ДАНІ
НАПЛАВЛЮВАЛЬНОГО АВТОМАТУ А-874Н

Автомат самохідний типу А874Н призначений для виконання широкого кола наплавлювальних робіт під флюсом з застосуванням різних типів електродів. Використовується автомат для наплавлення тіл обертання, а також плоских деталей і виробів складної форми.

Основні технічні дані і їх характеристики

Напруга живлення мережі 3-х фазного змінного струму, В	380
Зварювальний струм при ПР=100%, А	1000
Рід зварювального струму	постійний
Швидкість подачі електроду, м/год	23...230
Швидкість наплавлення, м/год	5...58
Регулювання швидкості в межах діапазонів	плавне
Типи електродів, які застосовуються при наплавленні:	
а) діаметр суцільного дроту, мм	2,5...6,0
б) діаметр порошкового дроту, мм	2...3,5
в) катанка діаметром, мм	6...7

г) стрічка товщиною від 0,2 до 1,5мм і шириною 20...70мм	
Коректування електроду при повернутій головці на 90 ⁰ , мм:	
а/ поперек шва	200
в/ зміщення з zenіту	90
Граничний кут нахилу електрода в площині, перпендикулярній шву, град	45 ⁰
Вертикальний хід головки, мм	400
Швидкість вертикального піднімання, м/год	24
Швидкість зварювання, м/год	800

КОНСТРУКЦІЯ АВТОМАТУ, ОСНОВНІ ВУЗЛИ І ЇХ ПРИЗНАЧЕННЯ

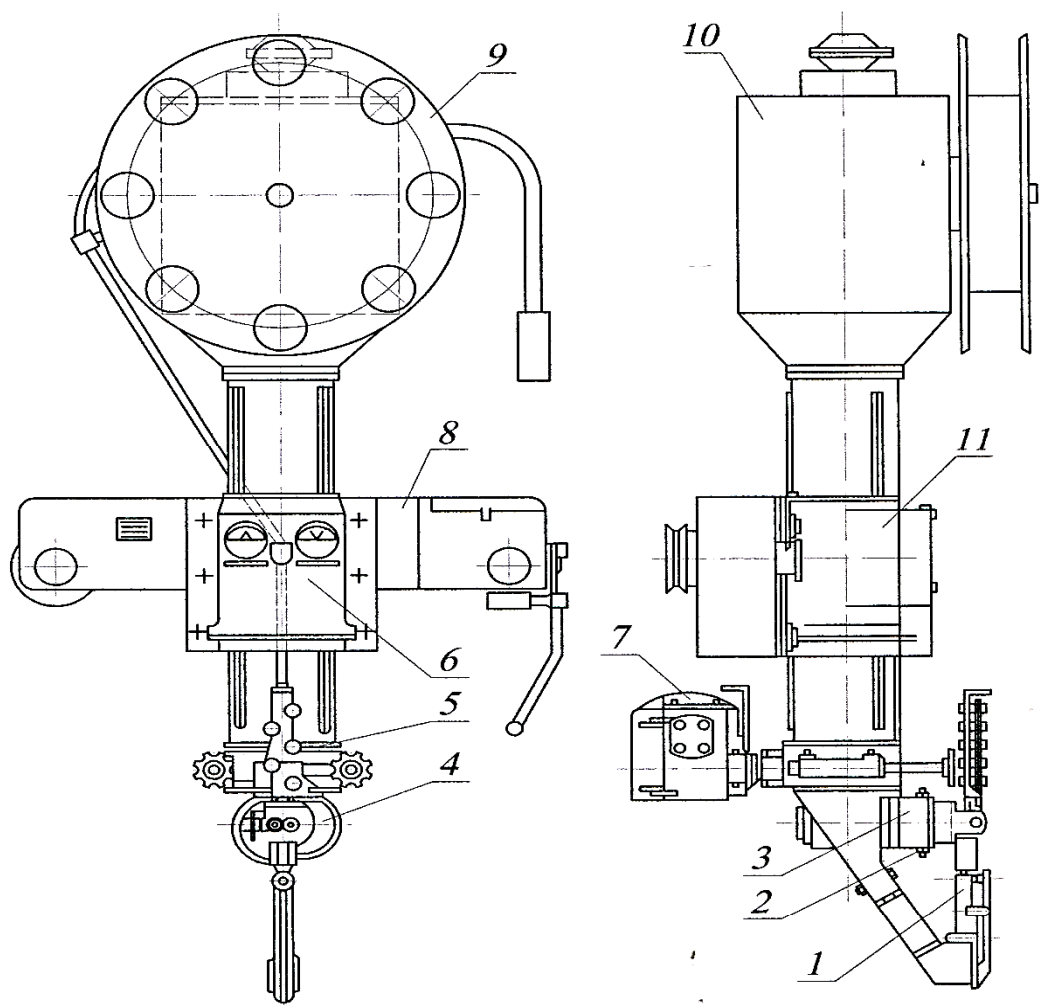
В комплект постачання входить:

1. Автомат типу А-874Н з наступними комплектуючими:
 - а) шафою керування;
 - б) приставкою для наплавлення стрічкою;
 - в) котушкою для наплавлення.
2. Джерело живлення постійного струму типу ВДУ-1201.

В залежності від характеру виконаної роботи на автоматі можна проводити наступні операції:

- ❖ наплавлення дротяним електродом;
- ❖ широкошарове наплавлення дротяним електродом з поперечним коливанням;
- ❖ широкошарове наплавлення стрічкою;
- ❖ наплавлення тіл обертання з імпульсним переміщенням візка на крок наплавлення.

3. Конструкція автомата (рис.1)



1 - мундштук ; 2 - тримач мундштука ; 3 - пристрій для наплавлення стрічкою ; 4 - механізм подачі дроту ; 5 - супорт ; 6 - пульт керування ; 7 - механізм поперечних коливань ; 8 - самохідний візок ; 9 - котушка з електродним дротом ; 10 - флюсоапарат ; 11 - механізм підймання наплавлювальної головки

Рисунок 1 - Загальний вигляд автомату для наплавлення типу А -874 Н

ПРИЗНАЧЕННЯ ВУЗЛІВ АВТОМАТА

Мундштук. Призначений для наплавлення плоских деталей суцільним і порошковим дротом діаметром 2,0...6,0 мм і катанкою діаметром 6,0...7,0мм на струмах до 700...800 А.

Корпус мундштука виконаний сталевим трубчатим. В середині корпусу знаходиться пружинчаста спіраль, затиснена між верхнім і нижнім наконечником. Призначення спіралі заключається в тому, щоби з однієї сторони для запобігання корпусу мундштука від посиленого спрацювання, а також проведення часткового очищення

електродного дроту від окалини і бруду. По мірі накопичення окалини і бруду між витками спіралі, вона виймається і очищається.

До бокової частини мундштука шарнірно кріпиться мідний струмопідвід в місці контакту з електродним дротом. До нього припаяна твердосплавна пластина із сплаву ВК-2.

Зварювальний струм до мідного струмопідводу підводиться гнучкою перемичкою, яка з'єднується зварювальним кабелем за допомогою гайки.

В нижню частину корпусу мундштука закручується один із трьох змінних наконечників для різних діаметрів електродного дроту. Наконечник з діаметром отвору 3,8мм служить для пропускання дроту діаметром 2,0...3,5мм, наконечник з діаметром отвору 5,7мм – для дроту діаметром 3,5...5,3мм і наконечник з діаметром 6,0...7,0мм. Спіралі також являються змінними, так одна з внутрішнім діаметром 1,6мм для дроту, а друга з внутрішнім діаметром 9,5мм – для катанки. Мундштук оснащений двома типами флюсонасипних воронок, закріплених на корпусі мундштука за допомогою азбестоцементної втулки і шліцевого з'єднання, одна воронка служить для насипання флюсу при наплавленні плоских поверхонь, а друга для наплавлення вузьких валиків циліндричних деталей (наприклад, калібрів дрібно сортних прокатних валів).

Одна з воронок має заслінку, яка підвішується на вісь, заслінка при відкриванні може фіксуватися в будь-якому проміжковому положенні “барашком”, здійснює таким чином дозування кількості флюсу, який подається в зону зварювання. До корпусів воронок приварені циліндричні патрубки діаметром 38мм, на які надівають гумові шланги, які подають із корпусу супорту.

Притискання струмопідводу до електроду здійснюється за рахунок регулювання пружинним притискачем.

Тримач мундштука. Він об'єднаний конструктивно з правильним механізмом. В ньому є притискач з притискним роликком, який змонтований на голчатому підшипнику, а притискання ролика здійснюється за допомогою регулюючого пружиною притискача. Правильний механізм п'яти-роликковий, ролики на голчатих підшипниках посажені на ексцентриккові пальці і можуть

встановлюватися в різних положеннях при повороті пальців і фіксуватися штопорним гвинтом. Корпус тримача закріплюється на кришці подаючого механізму з допомогою болта і може установочно повертатися відносно осі подаючого ролика величина кута визначається по лімбу. При наплавленні катанкою правильний механізм знімається, і замість нього встановлюється направляюча втулка, яка являється змінною і додається до цього вузла.

Подаючий механізм. Призначений для подачі електроду до місця наплавлення. Він являє собою блок, який складається із електродвигуна потужністю 230Вт при 2400 об/хв і напругою 110В та циліндричного редуктора.

Електродвигун подаючого механізму працює в схемі з десятикратним регулюванням, що забезпечує в межах діапазону налагодження швидкості потенціометром з пультом керування і можливістю плавної її зміни під час зварювання.

При максимальному передаточному числі редуктора, рівному 452, швидкість подачі 50 м/год.

Для наплавлення додатково зубчастий ролик ведучий і притискаючий.

Супорт. Він являється з'єднуючою ланкою між штангою автомату і подаючим механізмом дає можливість здійснювати два взаємоперпендикулярні корегування електроду: впоперек шва в межах 200 мм і вздовж шва, в межах 90 мм.

До основних деталей супорта відносяться верхня направляюча, відлита із чавуну по трапецеїдальним полоскам, по якій може пересуватися сталева нижня направляюча, до якої за допомогою болтів прикріплений чавунний корпус, в якому закріплюється подаючий механізм.

Прикріплення супорта до штанги автомату здійснюється за допомогою фланця і гвинтів, в центрі верхньої направляючої супорта, до нижньої площини фланця шпильками кріпиться черв'ячний сектор. Повздовжнє корегування здійснюється переміщенням основи по направляючому корпусу. З цією метою до направляючої основи болтами прикручена черв'ячна рейка зусилля, до якої передається від

черв'яка через паразитну черв'ячну шестерню, насаджену за допомогою голчатих підшипників на вісь.

Через супорт передбачено засипання флюсу із штанги автомату до мундштука, для цього передбачено вхідний патрубок з заслінкою.

Механізм піднімання. Служить для піднімання і опускання головки як під час налагоджувальних операцій, так і при зварюванні.

Головка за допомогою фланця кріпиться до пустотілої циліндричної колонки з трьома привареними рейками, на яких нарізана трапецеїдальна різьба. Така же різьба виконана у внутрішньому отворі шестерні, яка виконує функції гайки.

Для запобігання колонки від провертання навколо вертикальної осі при роботі механізму, в вертикальній частині корпусу в кільцевій проточці встановлена втулка, внутрішній діаметр якої рівний зовнішньому діаметру різьби на колоні. На цій втулці болтами закріплена направляюча, яка має вертикальний паз, в якому при підніманні ковзає одна із рейок, приварених до колони.

Хід колони вгору і вниз обмежується кінцевими вимикачами, які закріплені кришкою. Привід механізму піднімання складається із електродвигуна потужністю 270 кВт, при 2800об/хв і циліндричного редуктора, всі шестерні якого обертаються на голчатих підшипниках.

Привід механізму піднімання забезпечує піднімання і опускання колонки вагою 500кгс. Швидкість піднімання і опускання колонки складає 0,4м/хв.

Привід механізму піднімання кріпиться до корпусу на шпильках і при встановленні на самохідному візку розміщується в його внутрішній площині. Флюсоапарат встановлюється в верхній частині колонки на болтах, внутрішня площина колонки являється додатковою ємкістю для флюсу.

Пульт керування. Пульт керування встановлений при допомозі гвинтів на корпусі механізму піднімання. На пульті розміщені прилади контролю напруги і струму зварювання, а також органи керування механізмами і зварювальними процесами.

В якості приладу для контролю зварювального струму використовується індикатор струму, який являє собою амперметр

постійного струму для дистанційного з'єднання через кабелі керування до шунта джерела.

В верхній частині пульта керування є сигнальна лампочка “Вмикання зварювання”.

Котушка з гальмом. Складається із котушки і ступиці з гальмуванням. Діаметри котушки 600мм для звичайного дроту і 320мм для першого.

Котушка знаходиться на ступиці, таким чином щоби палець ступиці увійшов в трубку котушки. Фіксація котушки від переміщення здійснюється при допомозі чеки.

До закріпленого на гвинтах кронштейну кріпиться рухомий кронштейн з направляючим каналом, який складається з пружинної спіралі, поверх якої натягнута гумова трубка.

Канал запобігає зварника від травми при повному розмотуванні дроту з котушки.

Самохідний візок. Служить для придання автомату зварювальної і маршової швидкості. Він являє собою конструкцію – трьох-роликову велосипедного типу. Візок пересувається по рельсовій направляючій.

До корпусу візка болтами кріпиться механізм керування.

Самохідний візок автомата А-874Н з електродвигуном має діапазон швидкостей від 5 до 58 м/год.. В кінематичному колі механізму приводу візка є пара змінних шестерень, які служать для налагоджування швидкості в межах діапазону, вказаному в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри налагодження швидкості наплавлення, м/год

Число зубів ведучої шестерні	15	17	19	21	23	25	27	29	31
Число зубів веденої шестерні	51	49	47	45	43	41	39	37	35
Швидкість наплавлення м/год	5	5,9	6,9	8,0	9,2	10,5	11,9	13,4	15,2
1	33	35	37	39	41	43	45	47	49
2	33	31	29	27	25	23	21	19	17
3	17,2	19,3	21,8	24,8	28,2	32,0	36,8	42,55	0,9

В механізмі приводу є муфта, яка вмикається важелем, який має три положення, які визначаються шариковим фіксатором:

- 1-е – нейтральне, при якому автомат може переключуватися вручну ;
- 2-е – робоче, при якому автомат пересувається з заданою швидкістю зварювання від 5 до 58 м/год ;
- 3-е – маршове, для холостого пересування з швидкістю 800 м/год.

Механізм поперечних коливань. Являє собою двигун з черв'ячним редуктором, вихідний вал якого при допомозі торцевої шпонки з'єднується з черв'ячним валом поперечного корегування супорта. В кінематичному колі редуктора є пара змінних шестерень, якими встановлюється швидкість поперечних коливань. В якості приводу механізму використовується електродвигун 80Вт при числі обертів 1390 в хвилину і напрузі 36В. Налагодження на необхідну ширину наплавлення проводиться перестановкою упорів кінцевих вимикачів, які знаходяться на спеціальному кронштейні. Зміна напрямку руху електродів здійснюється реверсуванням електродвигуна.

При необхідності ручного регулювання ширини поперечних коливань одна із змінних шестерень знімається. Налагодження змінних шестерень на задану швидкість наплавлення приведені в таблиці 2. Швидкості наплавлення, приведені і в таблиці 2, відповідають фактичним швидкостям на середньому радіусі коливань рівному 310мм, при зміні цього радіуса в процесі поздовжнього корегування, фактичні швидкості коливань будуть відрізнятися від табличних.

Таблиця 2 – Залежність швидкості наплавлення від передаточного числа редуктора

Швидкість наплавлення, м/год	29	33	38	43	49	55	62
Число зубів ведучої шестерні	21	29	25	27	29	31	33
Число зубів відомої шестерні	43	41	39	37	35	33	31
1	70	81	90	101	116	-	-
2	35	37	39	41	43	-	-
3	29	27	25	23	21	-	-

Мундштук для стрічки. Призначений для наплавлення плоских і циліндричних поверхонь стрічкою. Мундштук для наплавлення стрічкою складається із литого корпусу, закріпленого на подаючому механізмі.

В верхній частині корпусу встановлені дві направляючі, які гвинтом з правою і лівою різьбами встановлюються по ширині стрічки. В залежності від місцезнаходження котушки гвинт з направляючими може переставлятися на 180^0 в горизонтальній площині, при цьому маховичок встановлюється на протилежному кінці гвинта. Мундштук складається з двох обміднених сталевих пластин – нерухомої, яка закріплена на корпусі шпильками;

- рухомої – закріпленої на шарнірі.

Рухома пластина з'єднується з нерухомою за допомогою гнучкої перемички і притискується до неї за допомогою пружин і гвинта, має можливість самовстановлюватися по товщині стрічки. В нижній частині пластин впаяні твердосплавлені вставки, які служать для підводу струму до стрічки і мають з рядом різьбових отворів, в яких при допомозі гвинтів закріплюють кутники, які встановлюють на ширину стрічки 20, 40, 50, 60, і 70 мм. До мундштука прикріплені воронка, яка служить для засипання флюсу в зону наплавлення, флюс до воронки підводиться із супорта через раструб. В комплект приставки для широкошарового наплавлення додається котушка для стрічки.

Флюсоапарат. Призначений для подачі флюсу до місця наплавлення і підбирання нерозплавленого флюсу з наплавленого шва. По конструкції апарат всмоктуючого типу, ежекторний, двокамерний, однією з камер являється внутрішня порожнина колони подаючого механізму.

Верхня всмоктуюча камера, розміщена в середині бункера, по дотичній до бункеру приварений патрубков з фланцем, до якого болтами кріпиться коліно з всмоктуючим шлангом і наконечником. До бункеру кріпиться кришка, в якій є фільтр, сопло, дифузор, повітря, яке поступає в сопло по трубці, утворює в бункері розрідження і всмоктує по шлангу нерозплавлений флюс, який

скупчується в нижній частині бункеру. При цьому флюсовий порошок осідає в фільтрі.

По мірі накопичення флюсу в бункері, за допомогою пневмоциліндра, штока і шарового клапана проходить пересипання флюсу із бункера в порожнину колони. Одночасно при цьому проходить струшування фільтру. Керування флюсу і всмоктування здійснюється за допомогою трьох-ходового крану, під'єднаного до повітряної магістралі з тиском 4...5 атм.

Повітря, яке виходить із флюсоапарату по дифузору відводиться в цехову систему вентиляції.

Для ручного засипання флюсу в кришці є отвір, який закривається кришкою. З метою кращого струшування фільтру при пересипанні флюсу, ручку крана необхідно декілька разів перемикаєти із одного крайнього положення в друге.

Пристрій для розмотування катанки (постачається за окремим замовленням). Застосовується при використанні в якості електрода для наплавлення – катанки діаметром 6-7 мм, являє собою зварну раму з закріпленою на ній штангою і фігуркою. В верхній частині штанги є вловлювач і блок.

Пристрій для розмотування катанки встановлюється на дерев'яній підкладці, яка являється ізолятором.

ТЕХНОЛОГІЯ І ТЕХНІКА НАПЛАВЛЕННЯ

Основними параметрами режиму наплавлення, які повинні бути підібрані на автоматі А-874Н являються:

- ✓ зварювальний струм;
- ✓ швидкість подачі електродного дроту або стрічки;
- ✓ діаметр електродного дроту або товщина стрічки;
- ✓ виліт електроду;
- ✓ напруга на дузі;
- ✓ швидкість наплавлення.

Параметри режиму підбираються в залежності від розмірів деталі, на яку наплавляють, і товщини шару наплавлення. Режим наплавлення залежить від стану зварювальних матеріалів: хімічного складу дроту чи стрічки, забрудненості флюсу, діаметра електродного

дроту чи товщини стрічки, а також від характеристики джерел живлення та ін.

Зміна одного із перерахованих факторів в першу чергу викликає зміну величини зварювального струму, який при виборі режиму повинен бути відповідним чином відкоригований за рахунок зміни вильоту електроду і швидкості електродного дроту чи стрічки.

Вибір напруги при наплавленні на автоматі А-874Н повинен виконуватися за рахунок зміни зовнішньої характеристики джерела живлення дуги і вильоту електроду, а в деяких випадках за рахунок регулювання подачі електроду чи стрічки. Особливо необхідно точно підбирати струм так, як він являється одним з основних технологічних факторів, який визначає якість наплавленого шару.

Наплавлення одним електродом під шаром флюсу.

Наплавлення одним електродом під шаром флюсу застосовується тоді, коли немає можливості використовувати більш продуктивні методи наплавлення.

В якості електродних матеріалів використовують суцільний маловуглецевий і низьколегований дріт.

Можна застосовувати для наплавлення і порошковий дріт різних марок, діаметром 3-5 мм. При всіх розрахунках режимів наплавлення порошковий дріт діаметром 3,5 мм приблизно еквівалентний суцільному низьколегованому дроту діаметром 3 мм. При одному і тому же струмі із збільшенням діаметру електроду глибина проплавлення зменшується, а значить зменшуються деформації і напруження деталей. Звичайно, діаметр електроду застосовують, виходячи із мінімального і максимального зварювального струму для одного електроду.

Таблиця. 3-Параметри режиму наплавлення

Діаметр дроту, мм	Суцільний або порошковий дріт	Мінімальний струм, А	Максимальний струм при наплавленні, А
2	Суцільний	150...170	250...300
3	-«-	180...190	400...450
4	-«-	250...280	До 500
5	-«-	350...380	До 800
3,5	порошковий		

Найбільш широко при наплавленні застосовується електродний дріт діаметром 3...4мм.

Марка флюсу вибирається в залежності від хімічного складу наплавленого металу (табл.4).

Таблиця 4 – Найбільш використовувані марки флюсу

Марка флюсу	Для яких видів наплавлення застосовується
АН-348А	Відновлення розмірів деталей маловуглецевих і низьколегованих сталей.
АН-20	Найбільш широко застосовується флюс для наплавлення легованими і високолегованими сталями і сплавами, одержаними порошковим дротом
АН-28	То же, що АН-20, але більш вузьке застосування, наприклад для сталі типу 4ХІЗ і чавунної стрічки із-за підвищеної чутливості до пор.
АН-26	Наплавлення нержавіючих сталей
АН-70	Для наплавлення деякими марками порошкового дроту, наприклад, ПП-3Х238.
АН-50	Наплавлення бронзи
АН-80	То же, що АН-20, добре відстає шлак від наплавленого валика при високих температурах, але дуже чутливий до пористості.

При наплавленні плоских деталей електродним дротом з високим вмістом хрому необхідно знизити напругу на дузі до 26...28В, або наплавляти кромку на другому діапазоні швидкостей шляхом перемикавання тумблера на пульті.

Наплавлення з поперечними коливаннями електрода. Для одержання широкошарового наплавлення, при невеликому проплавленні основного металу, одним дротяним електродом на струмах більше 350А наплавлення під флюсом і на струмах більше 250А при застосуванні порошкового дроту необхідно використовувати наплавлення поперечними коливаннями електроду.

При виборі флюсу необхідно враховувати, що інтервал застигання шлаку значно впливає на допустимий розмах коливань.

На струмах до 700А флюсом АН-348А розмах коливань електроду не рекомендується вибирати більше 70мм. Напругу на дузі при наплавленні з коливаннями електроду не потрібно вибирати нижче 32...34В, що збільшує шлакову ванну.

Швидкість переміщення візка в цьому випадку необхідно приймати в межах 5...12 м/год, швидкість поперечних коливань 30...60м/год при наплавленні порошковим дротом. При наплавленні валиків перекриття попередніх-наступними повинно бути не менше 10...15мм.

Широкошарове наплавлення стрічкою. При необхідності облицювання (методом наплавлення) великих поверхонь застосовують високопродуктивні методи наплавлення – стрічковим електродом. Наплавлення стрічкою дозволяє отримувати за один прохід ширину валика до 70мм при висоті валика 2...5мм і глибині проплавлення 1...2мм.

Із-за малої глибини проплавлення і незначного розбавлення наплавленого металу основним металом при наплавленні стрічкою, можливо одержати заданий хімічний склад металу при одношаровому наплавленні (при наплавленні одним електродом це можливо не скоріше як після 3-го чи 4-го шару).

Внаслідок значних розмірів ванни при наплавленні стрічкою не допустимо відхилення від горизонталі в місці горіння дуги більше 2...3°. Однак таку точність легко забезпечити любим зварювальним маніпулятором. Продуктивність наплавлення стрічкою досягає 20 кг/год наплавленого металу. Виліт стрічки 15...30мм, швидкість наплавлення 6...15 м/год. Чим ширша стрічка, тим менша швидкість наплавлення.

Наплавлення стрічкою дає гарні результати при відновленні тракторних і ескалаторних катків.

Наплавлення катанкою. Конструкцією автомату А-874Н передбачено застосування в якості електроду гарячекатаний дріт (катанку) діаметром 6...7 мм. Наплавлення ведеться на струмах більше 300 А, при звичайній напрузі 30...32 В. Перевага – велика

дешевизна електродного матеріалу порівняно з наплавленням каліброваним електродним дротом холодного волочіння, а також можливість одержання катанки із легованих сталей.

Наплавлення з імпульсним пересуванням візка. Наплавлення циліндричних деталей ведеться при імпульсному переміщенні візка по кільцю, а перед замиканням кільця, візок автоматично пересувається на крок наплавлення.

Крок наплавлення регулюється змінними шестернями і тумблером діапазону швидкостей візка і налаштування часу спрацювання (реле часу).

При наплавленні круглих деталей необхідно здійснювати зміщення електроду з zenіту на зустріч обертання деталі, в межах 15...80мм в залежності від діаметра деталі, струму і флюсу.

При правильному виборі зміщення електроду, поверхня окремого валика має кругло-випуклу форму.

При наплавленні циліндричних деталей необхідно витримувати більш точну напругу на дузі, тому, що різкий перепад напруги може привести до різкого збільшення і навіть до витікання шлакової, а потім і металевої ванни. При наплавленні кромок необхідно застосовувати формуючі кільця великого поперечного перерізу із міді, або алюмінію, а в крайньому випадку можна застосовувати технологічні сталеві кільця на прихватках. При цьому зазор між деталлю і кільцем не повинен бути більше 0,5...1мм.

ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

Шафа керування призначена для розміщення елементів релейної схеми автомату. В ній знаходиться понижуючий трансформатор, привід тиристорний, лампа для внутрішнього освітлення.

В шафі розміщені штепсельні і клемні розйоми для під'єднання кабелів керування.

На зовнішній панелі шафи є сигнальна лампа, що вказує на наявність напруги в схемі автомату при увімкненому вимикачі РМ.

Захист схеми, електродвигунів здійснюється автоматичними вимикачами. Схемою передбачено плавне регулювання швидкості подачі електрода, а діапазон регулювання 1:10.

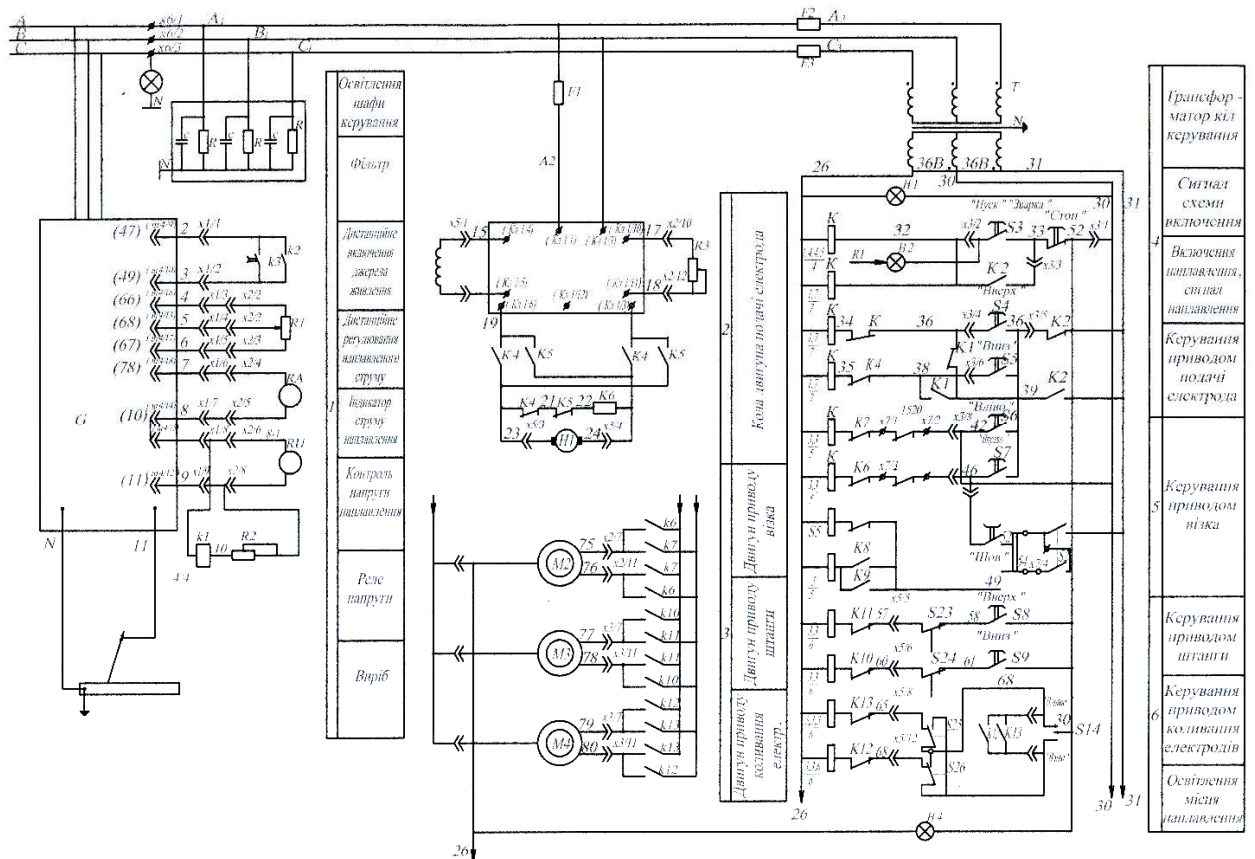


Рисунок 2 - Схема електрична принципова автомату типу А -874 Н

В якості регулюючого приводу використовують тиристорний привід А 1443К.

В якості джерела живлення – випрямляч типу ВДУ-1201.

Робота електричної схеми. Після увімкнення вимикача РМ необхідно натиснути кнопку «Пуск» на пульті керування. При цьому вмикається реле К2 і К3, які своїми контактами вмикають джерело зварювального струму, двигун подачі електрода вниз.

При закорочуванні електрода, реле напруги К1 вмикається і своїми розмикачами (контактом) вмикає реле К4.

Електрод піднімається вгору, збуджується дуга. Після того, як встановилася зварювальна напруга і вмикається реле напруги К1, електрод знову починає подаватися вниз. Починається процес зварювання. Після цього необхідний напрям руху самохідного візка і станда встановлюють перемикачем 13 на пульті керування.

Якщо наплавлення необхідно проводити коливаннями електроду, вмикають перемикач 14. Зупинка наплавлення здійснюється тоді, коли натиснено на кнопку «стоп». При цьому електродвигун візка і подача електроду вимикається, а джерело зварювального струму буде увімкнено до тих пір, поки не розімкнуться контакти реле часу КЗ. Пройде наплавлення кратера деталі і обгорання електроду. Наплавлення закінчується.

Кола регулювання, контролю, сигналізацій, освітлення.

Регулювання напруги і струму наплавлення ведеться з пульта керування резистором R1.

Регулювання швидкості електроду ведеться резистором R3.

Контроль напруги і струму наплавлення здійснюється вольтметром і амперметром на пульті керування.

Схемою передбачено обмеження переміщення штанги кінцевими вимикачами S23 і S24, а також є клеми для під'єднання кінцевих вимикачів для обмеження ходу візка.

РОБОЧЕ ЗАВДАННЯ

1. Вивчити призначення, будову, технічну характеристику і принцип роботи автомата А-874Н.
2. Для заданого зразка підібрати по таблицям № 1-4 орієнтовні параметри режиму наплавлення.
3. Налаштувати на заданий режим наплавлення автомат, наплавити зразок, зробити висновок про якість наплавленого шару металу і правильність підібраних параметрів режиму наплавлення.

ЗМІСТ ЗВІТУ

1. Тема і мета роботи.
2. Призначення і основні дані автомату А-874Н.
3. Основні вузли і їх призначення.
4. Принцип роботи автомату А-874Н.
5. Підібрати параметри режиму наплавлення.
6. Висновки якості наплавлення.
7. Використана література.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Призначення автомату А-874Н, основні технічні дані, основні вузли, їх призначення і робота, та принцип роботи автомату А-874Н.
2. Які наплавлювальні матеріали застосовуються при наплавленні?
3. Як проводиться наплавлення дротом і стрічкою?
4. Економічна доцільність наплавлення.
5. Суть і схема процесу наплавлення.
6. Які вироби можна наплавляти автоматом А-874Н ?
7. Розкажіть технологію і техніку наплавлення електродним дротом з поперечним коливанням і без коливань, стрічкою і катанкою, а також наплавлення з імпульсним переміщенням візка.
8. Як працює електрична схема автомату А-874Н ?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Татарин Б.П. Методичні вказівки до лабораторної роботи №12 на тему «Дослідження роботи самохідного автомату типу А-874Н, призначеного для виконання широкого кола наплавлювальних робіт» / ТДТУ ім. Івана Пулюя. – 2001. – 16 с.
2. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. / Технология и оборудование сварки плавлением. // М., Машиностроение. 1977. - 432 с.
3. Патон Б.Е. / Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / М., Машиностроение. 1974. - 767 с.
4. Никифорова Г.Д, / Технология и оборудование сварки плавлением. Под общей редакцией д.т.н., проф. Г.Д.Никифорова. / М., Машиностроение. 1986. - 319 с.
5. Патон Б.Е. / Электрошлаковая сварка и наплавка. / М., Машиностроение. 1980. - 512 с.
6. Технічний паспорт з експлуатації та налагоджування автомата А-874Н.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

ТЕМА «ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РОЗМІЩЕННЯ ПАЛЬНИКА НА ЯКІСТЬ ФОРМУВАННЯ ВАЛИКА ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ»

МЕТА РОБОТИ: експериментальне дослідження впливу розміщення пальника на якість формування валика при наплавленні циліндричних деталей

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Автоматичне наплавлення тіл обертання зазвичай проводиться по гвинтовій лінії: деталь обертається, а електрод повільно рухається паралельно осі обертання, або періодично при кожному оберті, подається на величину кроку наплавлення.

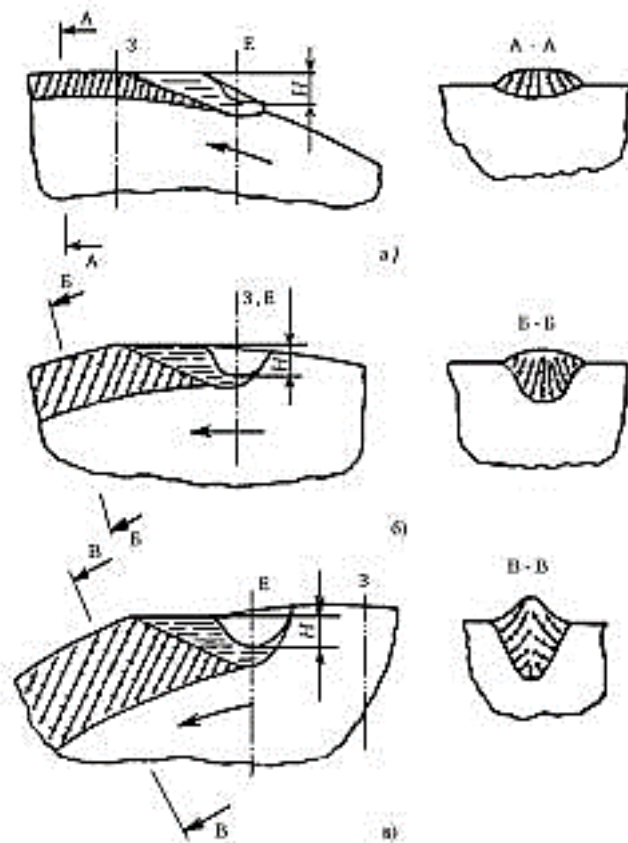
Переваги такого способу:

- 1) безперервність процесів забезпечує високу продуктивність;
- 2) якість формування наплавленого шару, що дозволяє звести до мінімуму припуск на обробку;
- 3) симетричність напруги по відношенню до осі виробу, що зменшує або зовсім усуває викривлення;
- 4) зниження до мінімуму частки основного металу шляхом зменшення кроку наплавлення.

Якість формування наплавленого шару залежить від режиму. Форма і розміри зварювальної ванни мають бути вибрані відповідно до розмірів виробу, інакше можливе стікання металу. Велике значення для формування шару, наплавленого металу на тіло

обертання, має правильний вибір зсуву із zenіту, тобто відстані від zenіту поверхні, що наплавляється до осі електроду. Форма перерізу наплавленого валику залежить від того, як врівноважуються тиск дуги і гідростатичний тиск рідкої ванни. Якщо ділянка поверхні, що наплавляється, нахилена в сторону протилежну стороні переміщення дуги, рівень рідкого металу в кратері підвищується.

Розплавлений метал як би витісняє дугу. Глибина провару зменшується, ширина наплавленого валику збільшується, і він набуває найбільш сприятливої форми (рис. 1, а).



Е - вісь електроду; З - zenіт (точка над віссю виробу); а - електрод зміщений із zenіту проти напрямку обертання; б - електрод збігається із zenітом; в - електрод зміщений із zenіту по напрямку обертання

Рисунок 1 - Вплив зсуву із zenіту на глибину проплавлення і форму перерізу наплавленого валику.

Тиск дуги врівноважує різницю рівнів рідкого металу. Нахил поверхні, що наплавляється, в сторону переміщення електроду (рис. 1, в), призводить до пониження рівня рідкого металу в кратері.

Глибина проплавлення зростає. Формується вузький валик, можливе утворення дефектів і стікання металу.

Величина зсуву із zenіту має приблизно дорівнювати довжині зварювальної ванни, яка залежить від струму, напруги, температури виробу тощо. Із збільшенням діаметру виробу, що наплавляється, і струму слід збільшувати зсув із zenіту.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

Джерело живлення ВДГ – 303-1; установка для зварювання кільцевих швів 222 – С-Б; обертач зварювальний універсальний М11010 – А; напівавтомат ПДГ 312У – 2; зварювальний дріт Св-08Г2С; балон з СО₂; циліндрична деталь; штангенциркуль.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з обладнанням та правилами роботи на ньому.
2. Налаштувати обладнання на роботу
3. Провести наплавлення валика зі зміщенням пальника із zenіту циліндричної деталі в сторону, що співпадає з напрямом обертання.
4. Провести наплавлення валика пальником, що знаходиться в zenіті.
5. Провести наплавлення валика зі зміщенням пальника із zenіту циліндричної деталі із zenіту в сторону протилежну напрямку обертання.

6. Провести заміри розмірів валиків, наплавлення яких описане в п.п. 3, 4, 5, результати занести до таблиці 1.
7. Зробити порівняння та висновки.

Таблиця 1 – Результати експеременту

№ досліду	Розміщення пальника	Ширина валика, b, мм	Висота валика, h, мм
1			
2			
3			
4			
5			

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. При якому положенні пальника буде мінімальне проплавлення при наплавленні кільцевих швів?
2. При якому положенні пальника буде максимальне проплавлення при накладанні кільцевих швів?
3. Яке положення пальника рекомендується при наплавленні кільцевих швів? Чому?
4. Які положення пальника при наплавленні циліндричних виробів Ви знаєте?
5. Як здійснюється автоматичне наплавлення циліндричних виробів?

6. Як впливає зсув із zenіту на глибину проплавлення і форму перерізу наплавленого валика, при наплавленні циліндричних виробів?
7. Яким чином визначається необхідна величина зсуву пальника з zenіту?

Література

1. Кузнецов В.Д. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Кузнецов В.Д., Степанов Д.В. – К: ІВЦ Видавництво «Політехніка». – 2012. – 22 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / Под ред. акад. Б. Е. Патона. - М.: Машиностроение, 1974. - 768с.
3. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов ВУЗов. - М.: Машиностроение, 1977. - 432с., ил.
4. Меликов В. В. Многоэлектродная наплавка. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.
5. Фруммин И. И. Автоматическая электродуговая наплавка. – Харьков: Metallurgizdat, 1961. – 422 с.
6. Кравцов Т. Г. Электромагнитная наплавка электродной лентой. - М.: Машиностроение, 1978. – 168 с.
7. Хасуи А., Мorigаки О. Наплавка и напыление./Пер. с яп. В. Н. Попова, Под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
8. Наплавочные порошковые ленты и проволоки. Справочник / П. В. Гладкий, И. А. Кондратьев, В. И. Юматова, А. П. Жудра. – Киев.: Техника, 1991. – 36 с.
9. Чвертко А. И., Патон Б. Е., Тимченко В. А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. – М.: Машиностроение, 1981. - 264 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

ТЕМА «МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ НАПЛАВЛЕННЯ»

МЕТА РОБОТИ - вивчення приладів для вимірювання температури тіл при наплавленні та набути навиків при вимірюванні температури контактним методом.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Температура впливає на багато процесів, реакції, які протікають в природі і в тому числі при різних способах наплавлення. В зв'язку із цим зміна температури набуває дуже великого значення. Вимірювання температури лежить в інтервалі від $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $30000\text{ }^{\circ}\text{C}$. В науці зустрічаються температури більше $10^8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найбільш вивченою і освоєною областю вимірювання температур є інтервал від 10 до $10000\text{ }^{\circ}\text{K}$. Основними практичними методами в області міжнародної практичної температурної шкали є термоелектричний метод і методи, які використовують зміну електричного опору і об'єму речовини датчика температури - контактний і безконтактний. В даній роботі розглядається тільки контактний метод.

КОНТАКТНИЙ МЕТОД ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ

Термометрами називаються вимірювальні засоби, вхідною величиною яких є температура, а вихідною може бути будь-яка величина, що однозначно залежить від температури.

Контактні термометри при вимірюванні температур

безпосередньо контактують з вимірювальним об'єктом. При виборі контактного термометра необхідно при цьому знати, що термометр повинен витримувати механічні, хімічні і термічні навантаження.

Існують декілька різних видів контактних термометрів:

- ✓ рідинні скляні термометри (для визначення температури використовується теплове розширення спеціальної термоелектричної рідини);
- ✓ механічні термометри розширення (в них використовується явище термоелектрики, температура вимірюється термоелектродами);
- ✓ манометричні термометри, які працюють на принципі деформації пружних елементів (мінімальна глибина занурення у вимірювальний об'єкт 13... 18 мм);
- ✓ біметалічні термометри (при вимірюванні температури біметали прогинаються в сторону матеріалу з меншим тепловим розширенням, цей згин передається на покажчик і служить для визначення температури).

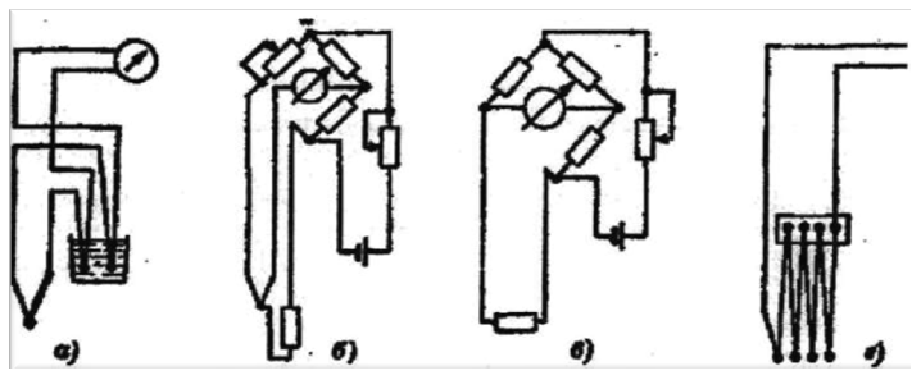
Досить поширеним є метод вимірювання температур термопарами. Термопара - найбільш розповсюджений датчик для вимірювання температури, який дозволяє проводити вимірювання в діапазоні температур від -200 до +3000 °С.

Перевагою термопар являється простота виготовлення, компактність, висока чутливість в широкому діапазоні температур, стабільність градування, відносно низьке значення постійної часу.

Значним недоліком термопар є необхідність термостатування з високою мірою точності вільних кінців.

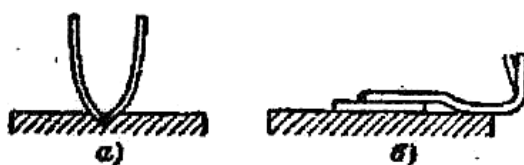
З допомогою диференціальних термопар вимірюються малі

різниці температур. Для збільшення сигналу з'єднують в термобатарю (рис.1). На рис. 1 показані принципові схеми і датчики для вимірювання температур. При контактному методі вимірювання температури значне місце займає систематична похибка через збурення магнітного поля, що вноситься датчиком в зону його розміщення.

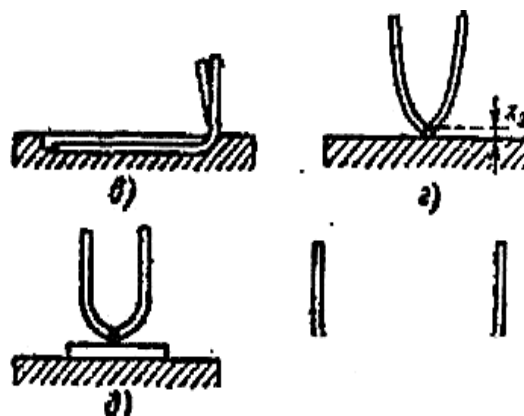


а - з термопарою; б - з термометром опору; в - з термістором;
г - з гіпертермопарою

Рис. 1 - Принципові схеми і датчики для вимірювання температур,



а - термоелектроди втоплені, спай приварений; б - спай приварений до пластинки; в - спай приварений; термоелектроди розміщені в канавці; г -



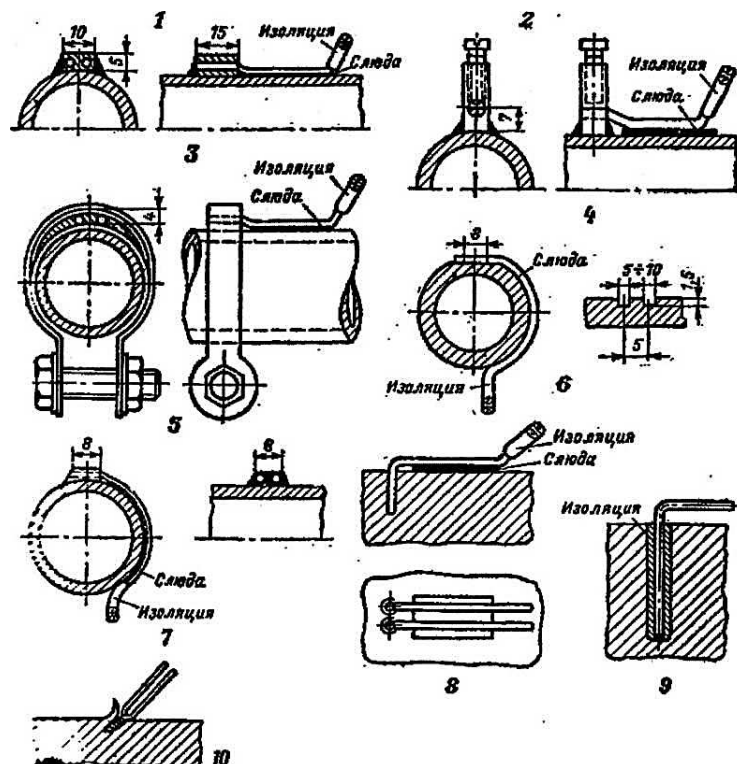
вільний спай контактує з поверхнею; д - спай приварений до пластинки, яка контактує з поверхнею; е - лучкова установка

Рис. 2 - Схеми кріплення термопар до поверхні:.

Термопара, подібно іншому термоприймачу, показує тільки свою особисту температуру. Для вимірювання температури в процесах використовується велика група датчиків температури. В наукових дослідженнях типові датчики не завжди застосовуються, тому часто використовуються датчики індивідуального виготовлення: термопари, термометри опору (металеві і напівпровідникові). На рис. 2 і 3 показані схеми кріплення термопар до поверхні.

В даний час найбільш розповсюджений метод вимірювання температури рідких залізних сплавів є вимірювання за допомогою термопар короткочасного занурення.

В цьому випадку застосовують термопари: вольфрам-молібденові (ВМ), платинородій-платинові (ПП-1), платинородій-платинові (ПР-30/60) і вольфрам-ренієві (ВР).



1 - на пластині; 2 - приварювання або припаювання гарячого кінця; 3 - роздільне зчєканення; 4 - установка гарячого спаю під зажим; 5 - роздільне зчєканення в притиснуту хомутом накладку; 6,7 - роздільне зчєканення в прорізи і в наплавку; 8,9 - роздільне зчєканення в свердлінні; 10 - зчєканення гарячого спаю під стружку.

Рис. 3 - Встановлення термопар на поверхні.

Основною перевагою термопар, виготовленої із вольфраму і молібдену ВМ в порівнянні з термопарами платинової групи, є можливість вимірювати температуру до 2000 °С і не дефіцитність матеріалів. Термопара ВМ дешевша термопарі ПП в декілька разів. Але термопара ВМ в робочому інтервалі має низьку чутливість. При температурі 1300 °С термоелектроди термопарі ВМ стають крихкими. В якості компенсаційних проводів застосовують дві шини: з міді і сплаву міді з 0,31-0,34% нікелю. Термопару платинородій-платинову (ПП-1) широко використовують для вимірювання температури рідких металів, хоча неодноразові випробування показали, що ця термопара в розглянутих умовах є найменш стабільною. При періодичних зануреннях термопарі в рідкий метал швидко погіршується і без того її мала механічна міцність. В останні роки для вимірювання температури рідких металів широко застосовується термопара платинородій-платинородій (ПР-30/60). Ця термопара володіє найбільшою стабільністю і це підвищує точність вимірювання. Платинородієві сплави більш стійкі (на порядок) до забруднення металів парами й газами, ніж чиста платина. Але міцність термоелектродів таких термопар на розтяг невисока, звідси, якщо не передбачити спеціальної конструкції арматури термопар, надійність вимірювань трохи знижується. Термопара /ПР-30/6/ може застосовуватися без компенсаційних проводів, так як її термо е.р.с. при невисоких температурах порівняно мала. Декілька років назад

були запропоновані термопари з сплавів вольфраму з ренієм (ВР-10/20 і ВР-5/20). Ці термопари можуть застосовуватись при температурі вище 2000 °С. Вони володіють високою механічною міцністю і достатньою стабільністю. Так як реній рідкий метал, стараються довести до мінімуму діаметри термоелектродів. В табл. 1 і 2 представлені технічні термопари і похибки стандартних термопар.

Таблиця 1 – Стандартні технічні умови термопари

Позначення		Матеріали термоелектронів термопар	Границі застосування		
Типів термопар	Градуювання		Нижній °С	Верхній °С	
				Довго	Коротко часно
ТВР	ВР-5/20	Вольфрамреній (5% ренія)-вольфрамреній (20% ренія)	0	2200	2500
ТПР	ПР-30/6	Платинородій (30% родія)-платинородій (6% родія)	300	1600	1800
тпп	ПП-1	Платинородій (10% родія)-платина	0	1300	1600
ТХА	ХА	Хромель - алюмель	-200	1000	1300
ТХК	ХК	Хромель - копель	-200	600	800

Таблиця 2 – Похибки стандартних термопар, віднесених до значення вимірної Е.Р.С.

Тип термопари	Інтервал температур, °С	Допустима похибка, %
ТВР	1200-1800	0,5
ТПР	900-1800	0,5
тпп	600- 1500	0,3
ТХА	600 - 1200	0,75
ТХК	300-600	0,85

ГРАДУЇРОВКА ТЕРМОПАР. Перевірка технічних термометрів проводиться двома методами: шляхом порівняння з показами зразкового термометра і по реперним точкам рівноваги фаз і хімічно чистих сполук.

В першому випадку перевірку термометрів до температури 300 °С проводять в водяному і скляному термостатах за зразковим ртутним термометром.

В інтервалах температур 300-1200 °С і 900-1800 °С термометри перевіряють в трубчатій електропечі відповідно за зразковим платинородій - платиновим термометром. В процесі перевірки температура вільних кінців термометрів підтримується постійною і рівною 0 °С при допомозі термостата плавлення льоду.

На рис. 4 приведена схема перевірки промислового термоелектричного термометра в трубчастій електричній печі.

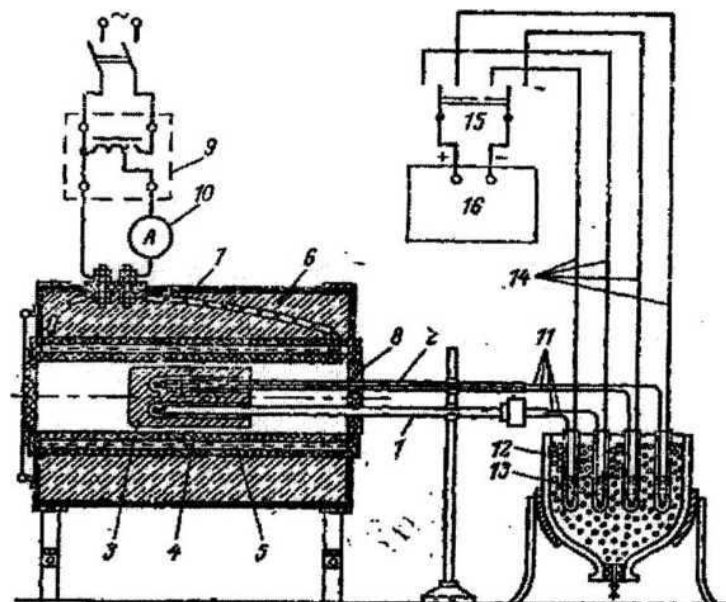


Рис. 4 - Схема перевірки промислових термоелектричних термометрів.

Зразковий 1 і перевіряючий 2 термометри, які витягнуті із захисних чохлах, встановлюються робочими кінцями в нікелевий блок 3, який розміщений в електричній печі, яка складається з фарфорової трубки 4 з внутрішнім діаметром 20-80 мм і довжиною 0,4-1м, яка обмотана нагрівальним дротом 5, зверху якого накладена термоізоляція 6 з захисним кожухом 7.

Нікелевий блок 3 служить для вирівнювання температур робочих кінців термометрів 1 і 2, який встановлюється посередині фарфорової трубки, кінці якої закриваються кришками 8 з прогартованого азбесту.

Регулювання температури в печі до певного значення проводиться автотрансформатором 9. Сила струму встановлюється за амперметром 10. До зразкового і перевіряючого термометра приєднуються видовжені провони 11, які відводять вільні кінці в термостат 12 плавлення льоду. Вільні кінці занурюються в лід в пробірках 13 з маслом. За допомогою мідних з'єднуючих проводів 14, перемикача 15 термопари по черзі під'єднуються до потенціометра 16. Дійсна температура печі визначається за показами зразкового термометра. Число одночасно перевіряючих термометрів не перевищує шести. При перевірці термометрів - вимірювання термо-ЕРС проводять через кожні 100-200°C, починаючи від 300 °C до кінцевої температури. Всього перевіряється не менше чотирьох точок. При досягненні в печі необхідної температури струм в нагрівальній обмотці регулюється так, щоб швидкість зміни температури в печі не перевищувала 0,2-0,4°C/хв. Після цього послідовно відраховують термо-ЕРС всіх термометрів, починаючи з зразкового, спочатку в одному, а потім в зворотньому порядку, при

цьому для кожного термометра виконується не менше чотирьох відліків, з яких визначається середнє значення.

ОБЛАДНАННЯ, ЯКЕ ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Самописний потенціометр КСП 4 -010 УХЛ 4.2.
2. Показуючий мілівольтметр з вимірювання межею температури 0-600 °С /магнітно-електричної системи/ типу МПЩ Пр-54.
3. Хромелькопелеві термопары /2 шт/ з межею вимірювання температур 0 -600 °С.
4. Нагрівач з температурою нагрівання /0-350°С/.
5. Секундомір.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Встановити спаї термопар 2 шт. на нагрівачі.
2. Під'єднати термопары з самописним потенціометром і показуючим мілівольтметром за схемою рис.5.

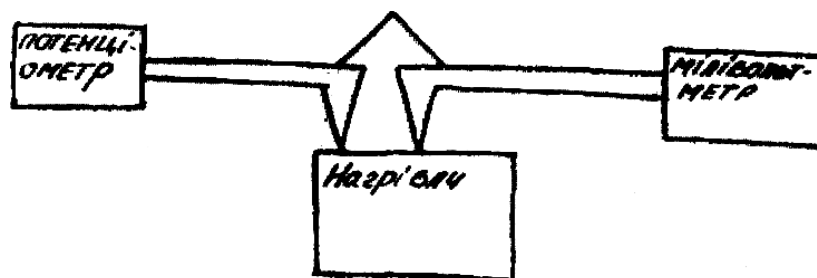


Рис.5 - Схема вимірювання температури контактним методом.

3. Записати покази потенціометра і мілівольтметра.
4. Увімкнути в електромережу нагрівач.
5. Через кожні 3 хвилини записувати значення температури

приладів.

Таблиця 3 – Результати вимірювання температури

№ п/п	Час нагріву (хв.)	Назва приладу		Різниця температур ΔT	примітка
		Потенціометр	Мілівольтметр		
		T1	T2		
1	0				
2	3				
3	6				
4	9				
5	12				

Побудувати характеристики залежності температури від часу.

$$T_1 = f(t), \quad T_2 = f(t)$$

ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт про роботу повинен включати в себе:

- мету роботи;
- порядок виконання роботи;
- результати роботи;
- висновки розходження значень температури.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке термометр?
2. Що таке термопара?
3. Типи термопар і межі вимірювання температури.

4. Які ви знаєте прилади для вимірювання температури тіл контактним методом?
5. Нарисувати схеми кріплення термопар до поверхні.
6. Як проводиться градуїровка термопар?

Література

1. Г.А. Мурин. Теплотехнические измерения. М.: Энергия, 1979.- 424 с.
2. С. Ф. Чистяков, Д. В. Радун. Теплотехнические измерения и приборы. М. Высшая школа, 1972. - 392 с.
3. В. Н. Юрнев, П. Д. Лебедев. Теплотехнический справочник. Том. 2. М.: Энергия, 1976. - 896 с.
4. Ч.В. Пулька. Методика исследования температурных полей при индукционной наплавке // Автомат. сварка №7. – 1997. – с. 52-53.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4
ТЕМА «ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЯКОСТІ
НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ ВІД ЙОГО ХІМІЧНОГО
СКЛАДУ»

МЕТА РОБОТИ: експериментальне дослідження впливу змін складу наплавлених шарів на їх твердість.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У більшості випадків у наплавлених низьколегованих композицій спостерігається пропорційна залежність між твердістю та зносостійкістю. Твердість матеріалу підвищується зі збільшенням вмісту вуглецю і тому більш зносостійким виявляється метал, склад якого відповідає середньолегованим сталям. Однак підвищення в наплавленому металі кількості вуглецю ускладнює наплавлення через необхідність попереднього підігріву деталі для уникнення тріщин. Тому для підвищення зносостійкості наплавлений метал рекомендують легувати хромом, марганцем, молібденом та іншими елементами при обмеженій кількості вуглецю. Враховуючи роль вуглецю, його еквівалент використовують, з одного боку, як показник здатності до наплавлення, з іншого – як показник твердості наплавленого шару.

За рекомендаціями Міжнародного інституту зварювання для низьколегованих композицій вуглецевий еквівалент розраховують за формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Ni}}{40} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Mo}}{4} + \frac{\text{V}}{14} \quad (1)$$

Між вуглецевим еквівалентом і максимальною твердістю нанесеного шару при наплавленні електродами існує залежність:

$$H_{\max} = 660C_{\text{екв}} \pm 40 \quad (2)$$

де HV_{\max} - максимальна твердість за Вікерсом

Електроди, які використовують для ручного наплавлення вуглецевих і низьколегованих сталей забезпечують різний склад наплавлених шарів.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з обладнанням та правилами його використання.
2. Встановити режими і провести наплавлення валиків різними електродами (за вказівкою викладача).
3. Дані по електродах та хімічному складу занести до табл. 1.
4. Визначити вуглецевий еквівалент та розрахункове значення твердості для кожного складу наплавленого матеріалу.
5. Дані вимірювань та розрахунків занести до табл. 2.
6. Підготувати поверхню кожного валика до вимірювання твердості.
7. Зробити висновки.

Таблиця 1 – Марка та хімічний склад електрода

№з/п	Марка електроду	Склад елементів, %						
		C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	V
1								
2								
3								
4								
5								

Таблиця 1.2 – Результати експерименту

№з/п	Марка електроду	Вуглецевий еквівалент, $C_{\text{екв}}$	Розрахована твердість, H_{\max}
1			
2			
3			

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Для чого існує вуглецевий еквівалент?
2. Від чого залежить величина вуглецевого еквіваленту?
3. Які є способи підвищення зносостійкості наплавленого металу?
4. Для яких матеріалів справедливі формули, за допомогою яких проводились розрахунки в лабораторній роботі?
5. Показником чого є вуглецевий еквівалент?
6. Який основний хімічний елемент використовується при розрахунку вуглецевого еквіваленту?
7. Що таке здатність до наплавлення?

Література

1. Кузнецов В.Д. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Кузнецов В.Д., Степанов Д.В. – К: ІВЦ Видавництво «Політехніка». – 2012. – 22 с.
2. К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж Інженерія поверхні. Підручник. – К.: НВП «Наукова думка» НАН України, 2007. – 558 с.
3. И.И. Фрумин Автоматическая электродуговая наладка. – Харьков. Metallurgizdat, 1961. – 422 с.
4. И.И. Фрумин, Е.И. Лейначук, Ю.А. Юзвенко, М.М. Нероденко Основы технологии механизированной наплавки. – Москва. Профтехиздат, 1961. – 304 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

ТЕМА: «ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВАЛИКІВ ПРИ НАПЛАВЛЕННІ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ»

Мета роботи: експериментальне дослідження геометричних параметрів форми валиків від умов наплавлення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Характерною особливістю наплавлення під шаром флюсу є провар основного металу. Частка основного металу в наплавленому валику визначається співвідношенням площі проплавлення основного металу F_0 до площі всього валика $F_{\text{п}}$:

$$\gamma = \frac{F_0}{F_0 + F_n} = \frac{F_0}{F_n} \quad (1)$$

де F - площа, що утворюється плавленням електрода.

Величина γ коливається в широких межах. У звичайних умовах вона дорівнює 0.6-0.65. При наплавленні глибокий провар непотрібний, тому застосовують різні технологічні прийоми, які дозволяють знизити глибину провару γ .

Геометричні параметри валиків (ширина - B , глибина проплавлення - H , збільшення валика - e) і відповідно γ залежать від погонної енергії наплавлення:

$$\frac{q}{V_n} = \frac{0,24U_d \cdot I_d \cdot \eta}{V_n} \quad (2)$$

де I_d - струм дуги, А; U_d - напруга дуги, В; η - ефективний коефіцієнт корисної дії процесу нагрівання (при наплавленні під флюсом $\eta=0.7 - 0.85$);

V_n - швидкість наплавлення, см/с; 0.24 - коефіцієнт співвідношення електротехнічних і теплових одиниць, кал/Дж.

Погонна енергія знаходиться в прямій залежності від перерізу наплавленого валика:

$$\frac{q}{V_n} = 150 \cdot F_n; \text{ кал/см}, \quad (3)$$

де F_n - площа перерізу валика в мм^2 .

Для правильного регулювання режиму наплавлення необхідно знати, як впливають сила струму, діаметр електрода, напруга дуги та швидкість наплавлення на формування валика.

Із збільшенням зварювального струму (при даній напрузі та швидкості переміщення дуги) збільшується об'єм рідини ванни, оскільки збільшується кількість дроту, який розплавляється, та більше тепла виділяється на основний метал. Тиск дуги збільшується, внаслідок чого підсилюється викидання рідкого металу з кратера. Дуга заглиблюється в основний метал. Глибина та площа проплавленого металу збільшується, а ширина провару практично не змінюється, що призводить до підвищення висоти наплавленого валика.

При надмірному збільшенні сили струму формування наплавленого валика погіршується. Відсутній плавний перехід від поверхні наплавленого металу до основного, ускладнюється розтікання металу, стає можливим поява підрізів, зменшується кількість розплавленого флюсу.

Збільшення напруги на дузі, при незмінних силі струму та швидкості навпаки, веде до збільшення кількості тепла, що виділяється на одиницю довжини валика. При цьому зростає довжина

дуги та покращується нагрівання країв ванни. Глибина провару практично не змінюється, а ширина наплавленого валика збільшується пропорційно зростанню кількості тепла. Збільшується кількість розплавленого флюсу - зростає його втрата. Крім цього, підвищення напруги погіршує стійкість дуги.

Швидкість наплавлення також впливає на формування валика. При малих швидкостях наплавлення (до 20 м/год.) дуга виштовхується на поверхню металу - проплавлення основного металу зменшується, а ширина валика зростає.

При дуже низьких швидкостях наплавлення (менше 10 м/год.) провар основного металу відсутній.

У діапазоні середніх швидкостей (20 - 40 м/год.) збільшення швидкості наплавлення призводить до зменшення ширини валика, при цьому глибина провару практично від швидкості не залежить.

Діаметр електродного дроту безпосередньо впливає на формування валика. Змінюючи діаметр електрода при незмінній силі струму, ми змінюємо тим самим густину струму, а значить, і тиск дуги на зварювальну ванну. При збільшенні перерізу електрода тиск дуги зменшується, що призводить до зменшення глибини проплавлення та деякому підвищенню ширини наплавленого валика. Для значного збільшення ширини валика, наплавлення виконують "розщипленими" електродами або електродною стрічкою.

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

Джерело живлення ВДУ-504, дріт зварювальний, флюс АН-348А, сталеві пластини.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з обладнанням та способами налагодження його на заданий режим роботи.
2. Виконати наплавлення валиків, змінюючи силу струму. Виконати замірювання розмірів валиків (ширина B та висота посилення H). Дані занести до таблиці 1.
3. Виконати наплавлення валиків, змінюючи напругу на дузі. Виконати вимірювання розмірів валиків (ширина B та висота посилення H). Дані занести до таблиці 1.
4. Виконати наплавлення валиків, змінюючи швидкість наплавлення. Виконати вимірювання розмірів валиків (B - ширина та висота наплавлення H). Дані занести до таблиці 1.
5. За вказівкою викладача зміну одного з параметрів режиму виконати. При наплавленні валиків послідовно однієї та другої пластини, які потім роз'єднати й підготувати переріз до вимірювань H , F_0 , F_e . дані занести до таблиці 1.
6. Побудувати графіки залежності геометричних розмірів валиків та γ від параметрів наплавлення (сили струму, напруги на дузі та швидкості наплавлення).
7. Зробити висновки.

Таблиця 1 – Результати досліджень

№	I_d, A	U_d, B	V_n м/с	B мм	$e, мм$	$H,$ мм	$F_0,$ мм ²	$F_e,$ мм ²	γ

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Від чого залежить хімічний склад наплавленого шару металу?

2. Від чого залежать геометричні параметри валиків при наплавленні?
3. Як впливає збільшення струму на формування валика при наплавленні?
4. Як впливає напруга на дузі на формування валика при наплавленні?
5. Як впливає швидкість наплавлення на формування валика?

Література

1. Кузнецов В.Д. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Кузнецов В.Д., Степанов Д.В. – К: ІВЦ Видавництво «Політехніка». – 2012. – 22 с.
2. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. / Под ред. акад. Б. Е. Патона. - М.: Машиностроение, 1974. - 768с.
3. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для студентов ВУЗов. - М.: Машиностроение, 1977. - 432с., ил.
4. Меликов В. В. Многоэлектродная наплавка. – М.: Машиностроение, 1988. – 144 с.
5. Фруммин И. И Автоматическая электродуговая наплавка. – Харьков: Metallurgizdat, 1961. – 422 с.
6. Кравцов Т. Г. Электромагнитная наплавка электродной лентой. - М.: Машиностроение, 1978. – 168 с.
7. Хасуи А., Мorigаки О. Наплавка и напыление./Пер. с яп. В. Н. Попова, Под ред. В. С. Степина, Н. Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение, 1985. – 240 с.
8. Наплавочные порошковые ленты и проволоки. Справочник / П. В. Гладкий, И. А. Кондратьев, В. И. Юматова, А. П. Жудра. – Киев.: Техника, 1991. – 36 с.
9. Чвертко А. И., Патон Б. Е., Тимченко В. А. Оборудование для механизированной дуговой сварки и наплавки. – М.: Машиностроение, 1981. - 264 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6**ТЕМА: «ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАВЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОДНОГО МАТЕРІАЛУ І ПРОДУКТИВНОСТІ
НАПЛАВЛЕННЯ»**

МЕТА РОБОТИ: вивчити вплив умов процесу наплавлення на характеристики плавлення електрода і продуктивність наплавлення.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Продуктивність наплавлення оцінюють за кількістю металу, який наплавляється в одиницю часу, наприклад в кг / год.

Продуктивність наплавлення плавким електродом визначається за формулою:

$$G_n = k_n I_n \quad (1)$$

де I_n - струм наплавлення, А, k_n - коефіцієнт наплавлення (г/А·год), який показує, скільки металу з електрода під дією струму наплавлення в 1 А перейде на основний метал за одиницю часу.

Продуктивність наплавлення G_n пов'язана з продуктивністю розплавлення металу електрода G_p , яка визначається за формулою:

$$G_p = k_p I_n \quad (2)$$

де k_p – коефіцієнт розплавлення (г/А·год), який показує кількість електродного металу (г), який розплавляється під дією сили струму в 1 А за одиницю часу.

Коефіцієнт k_n менше коефіцієнта k_p на величину втрат на угар та розбризування електродного металу.

Коефіцієнт витрат визначається за формулою:

$$\psi = \frac{k_p - k_n}{k_p} \quad (3)$$

Коефіцієнт витрат змінюється в залежності від способу наплавлення, типу електрода та густини струму.

Так, при ручному дуговому наплавленні електродами з тонким покриттям $\psi=10-20\%$, при автоматичному наплавленні під флюсом $\psi=1-1.5\%$, при наплавленні у CO_2 $\psi=5-15\%$. При наплавленні під флюсом коефіцієнт наплавлення k_n майже рівний коефіцієнту розплавлення k_p .

Коефіцієнт розплавлення електродного дроту k_p залежить від його хімічного складу, яким визначається температура плавлення та теплоємність металу, а також від роду і полярності струму.

При наплавленні струмом зворотної полярності коефіцієнт розплавлення найменший. Він мало залежить від складу флюсу і для маловуглецевого дроту дорівнює 11.6 ± 0.4 г/А·год.

При наплавленні струмом прямої полярності коефіцієнт розплавлення більший. Він залежить від атмосфери дуги, тобто від хімічного складу флюсу або захисного газу. Для флюсу АН-348А та маловуглецевого дроту в середньому діапазоні режимів в звичайних умовах наплавлення справедливий вираз:

$$k_p = 2.8 + 0.1 \cdot I_n / d, \text{ г/А·год} \quad (4)$$

де I_n – струм дуги, А; d – діаметр електрода.

В таблиці 1 приводяться дані про продуктивність наплавлення, яка виконується різними способами в звичайних умовах.

Таблиця 1 – Продуктивність наплавлення при різних способах

Спосіб наплавлення	Продуктивність кг/год
Ручне електродугове	0.8 – 3
Автоматичне однодугове під флюсом	2 – 15
Те ж саме, електродною стрічкою	10 – 20
Плавким електродом в CO ₂	1.5 – 8

ОБЛАДНАННЯ ТА МАТЕРІАЛИ

Автомат АД-231, джерело живлення КИУ –1201, дріт зварювальний ПП-Т9, джерело живлення ВД – 306М1, електроди, напівавтомат КП 004 УЗ заряджений дротом Св-08Г2С, джерело живлення КИГ-401, балон з CO₂, кілька сталевих пластин.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з обладнанням та правилами керування ним.
2. Визначити масу сталевих пластин (M1) та дроту (m1) до наплавлення. Результати занести до таблиці 2.
3. Провести наплавлення валика на кожному пластину фіксуючи час наплавлення t_n та зварювальний струм I_n .
4. Після кожного наплавлення визначити вагу пластини (M2) та дроту (m2) що залишився. Дані занести до таблиці 2.
5. Визначити значення коефіцієнтів наплавлення α_n та розплавлення α_p , користуючись формулами (5) та (6). Результати занести до таблиці 3.

$$k_n = m_n / (I_n \cdot t_n), \quad (5)$$

$$k_p = m_p / (I_n \cdot t_n), \quad (6)$$

Маси наплавленого і розплавленого матеріалів визначаються, відповідно, з формул:

$$m_n = M_2 - M_1, \quad (7)$$

$$m_p = m_1 - m_2. \quad (8)$$

6. Визначити значення продуктивності наплавлення G_n та розплавлення електродного дроту G_p , користуючись формулами (1) та (2). Результати занести до таблиці 2.

7. Визначити коефіцієнт втрат, користуючись формулою (3). Результати занести до таблиці 3.

8. Виміри і розрахунки згідно п.п. 1 – 7 провести при наплавленні електродом і під флюсом, змінюючи полярність дуги.

9. Порівняти наведені дані з наведеними в табл. 1, а також з їх значенням із таблиці 3.

10. Зробити висновки і пояснення залежності характеристик процесу від умов наплавлення.

Таблиця 2 – Результати експерименту

№	Спосіб наплавлення	Полярність	Струм, А	Час наплавлення, с	M1, кг	M2, кг	m1, кг	m2, кг
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Таблиця 3 – Результати розрахунків

№	G_H кг/с	G_p кг/с	k_H кг/А·с	k_p кг/А·с	ψ
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке продуктивність розплавлення?
2. Що таке продуктивність наплавлення?
3. Що таке коефіцієнт розплавлення?
4. Що таке коефіцієнт наплавлення?
5. Що таке коефіцієнт витрат?
6. Від чого залежить коефіцієнт розплавлення?
7. Як максимізувати коефіцієнт розплавлення?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кузнецов В.Д. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів напряму 6.050504 «Зварювання» / Кузнецов В.Д., Степанов Д.В. – К: ІВЦ Видавництво «Політехніка». – 2012. – 22 с.
2. К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж Інженерія поверхні. Підручник. – К.: НВП «Наукова думка» НАН України, 2007. – 558 с.
3. И.И. Фрумин Автоматическая электродуговая наладка. – Харьков. Metallurgizdat, 1961. – 422 с.
4. И.И. Фрумин, Е.И. Лейначук, Ю.А. Юзвенко, М.М. Нероденко Основы технологии механизированной наплавки. – Москва. Профтехиздат, 1961. – 304 с.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

ТЕМА: «ВИВЧЕННЯ СПОСОБУ ІНДУКЦІЙНОГО НАПЛАВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН»

МЕТА РОБОТИ:

- Навчитися розраховувати та вибрати параметри режиму наплавлення.
- Вивчити вплив основних параметрів режиму на процес наплавлення і якість наплавленого металу.
- Навчитися аналізувати протікання процесу наплавлення і якість наплавленого металу.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В основі методу індукційного наплавлення деталей машин лежить нагрівання і розплавлення присадного матеріалу під дією струмів високої частоти. Для наплавлення використовується порошкоподібна шихта, яка складається з гранульованого твердого сплаву і флюсів на основі бури і борного ангідриду у певному ваговому співвідношенні. Шихту наносять на наплавляючу поверхню шаром, товщина якого залежить від заданого розміру наплавлювального металу.

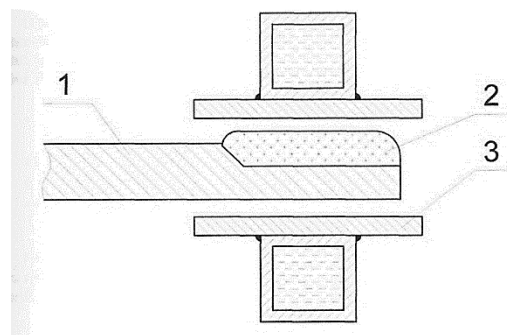
Після цього ділянку деталі, яка підлягає наплавленню, вводять у спеціальний індуктор високочастотної установки подібно тому, як це робиться при індукційному загартуванні. Джерелом живлення як правило, служать лампові високочастотні установки.

На рис. 1 схематично показано розташування наплавляючої

деталі в індукторі. При проходженні струму високої частоти /більше 70 000 Гц/ через контур індуктора в поверхневих шарах основного металу наводяться вихрові струми і верхні шари металу швидко нагріваються. Густина індукованих струмів залежить від геометричних розмірів деталі, яку нагрівають, питомого опору і магнітної проникності матеріалу деталі і частоти струму. Шар порошкоподібної шихти, розміщений між індуктором і нагріваючою поверхнею деталі, через великий опір повільно реагує на дію магнітного поля.

Шихта нагрівається теплом, яке передається від поверхні основного матеріалу. Тому для забезпечення процесу наплавлення температура нагрівання поверхні основного матеріалу повинна бути на 50-70°C вища за температуру плавлення порошку твердого сплаву, а швидкість підводу тепла до поверхні, яка нагрівається, повинна бути значно більшою від швидкості його відводу і втрат в оточуюче середовище.

Густина індукційного струму в перерізі деталі нерівномірна, вона досягає найбільшого значення на поверхні і різко падає при переході в середину деталі. Це дозволяє концентрувати тепло в точках поверхні, в яких необхідно здійснювати високе нагрівання металу. Розрахунок показує, що товщина шару δ , в якому поглинається майже вся передана енергія (86,5%), рівна:



1 - деталь; 2 - шар шихти; 3 - індуктор

Рисунок 1. - Розташування наплавлюваної деталі в індукторі

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}} \quad (\text{або}) \quad \delta = 5,03 \cdot 10^4 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}, \quad (1)$$

де ρ - питомий електричний опір в Ом·м;

μ - відносна магнітна проникність;

f - частота струму в Гц.

З формули неважко бачити, що із збільшенням частоти струму зменшується товщина шару 2, тобто тепло концентрується ближче до поверхні, значить зменшується час нагрівання поверхневих шарів.

При нагріванні вище критичної точки 768°C магнітна проникність сталі і чавуну стрибкоподібно зменшується, що призводить до значного збільшення і глибини проникнення струму, а значить до різкого зниження інтенсивності нагрівання ділянки яка підлягає наплавленню.

При розв'язуванні конкретних практичних задач, допустимі приблизні методи розрахунку. Можна прийняти, що глибина проникнення струму в метал рівна

$$\delta_{\mu} = \frac{K}{\sqrt{f}} \quad (\text{мм}) \quad (2)$$

При цьому в залежності від матеріалу і температури значення K рівне:

Матеріал	Сталь	Мідь	Сормайт
Температура °С;	20;800;1300;	20; 100; 1000	20;1300
коефіцієнт K	20; 550; 575	67; 77; 155	20;540

Одна з особливостей процесу полягає в тому, що наплавлення відбувається в однакових умовах при певному тиску, з яким електромагнітне поле діє на розміщене в ньому тіло. Питомий тиск на одиницю поверхні тіла, яке нагрівається, може бути визначений за формулою:

$$\Delta N = 6 \cdot 10^4 \cdot \frac{\Delta P}{\sqrt{\rho \mu f}}, \text{ (кг/мм}^2\text{)} \quad (3)$$

де ΔP - питома потужність;

ρ - питомий електричний опір;

μ - магнітна проникність;

f - частота струму.

Підставивши в цей вираз значення магнітної проникності і питомого електричного опору, одержимо значення питомого тиску для сталі і сплавів на залізній основі, нагрітих вище точки магнітних перетворень.

$$\Delta N = 5.2 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{\Delta P}{\sqrt{f}}, \text{ (кг/мм}^2\text{)} \quad (4)$$

В процесі наплавлення в рідкому металі, прикладена більша частина електродинамічних сил. Якщо метал нагрівається з підвищеною потужністю, то розплавлений метал може витіснитися із зони з підвищеною напруженістю електромагнітного поля, викликаючи цим самим небажані зміни в геометрії наплавлюваного шару.

З цим необхідно рахуватися при виборі умов наплавлення і конструкції плавильного індуктора.

Із розглянутого випливає, що для мінімального спотворення геометрії наплавлювального шару бажано використовувати струм відносно високої частоти, так як питомий тиск обернено пропорційний квадратному кореню з частоти.

За таким же законом з підвищенням частоти струму зменшуються сили, які викликають електромагнітні переміщення розплавленого твердого сплаву.

В деяких випадках по конструкційним, технологічним або іншим міркуванням виникає необхідність пониження частоти струму. Без помітного зниження ККД нагрівання це можна здійснити до певної межі, яка визначається відношенням товщини основного металу до глибини проникнення струму. При деяких мінімальних значеннях частоти ККД, значно падає і індукційне нагрівання стає нерентабельним або взагалі нездійсненним.

Потужність, яка передається нагрівальному тілу, пов'язана з характеристиками металу, який підлягає нагріванню, розмірами індуктора, параметрами електричного режиму, визначається за формулою:

$$P_a = \frac{U_i^2 \cdot S \cdot \sqrt{\rho\mu}}{32\pi^3 \cdot a^2 \cdot l_i^2 \cdot \sqrt{f^3}} \quad (5)$$

де a - відстань між індуктором і деталлю;

l_i - довжина індуктора;

U_i - напруга на затискачах індуктора;

S - площа поверхні деталі, що нагрівається.

Деформація деталі при нагріванні, а також плавлення шихти визначають зміну відстані між деталлю і індуктором, що може позначитися на перерозподіленні потужності в процесі нагрівання.

При індукційному наплавленні не потрібно ніякої спеціальної підготовки виробу. Поверхня деталі може бути механічно обробленою або покритою шаром металічної окалини, ржавчини. При наявності такого роду забруднень потрібно лише деяке збільшення вмісту флюсу в шихті.

Часто вживаний термін "підготовка під наплавлення" слід розуміти як придання зоні наплавлення деталі геометричної форми і розмірів у відповідності з конструктивними вимогами.

Послідовність основних технологічних операцій індукційного наплавлення така:

- підготовка для наплавлення шихти /приготування порошку твердого сплаву і флюсів, а також змішування їх у певній пропорції/;
- підготовка поверхні під наплавлення;
- нанесення шихти; нагрівання в індукторі поверхні, що змінюється до повного розплавлення шихти і остигання до кімнатної температури на повітрі;
- зняття шлаку і кінцева обробка /придання різальному лезу або всій деталі кінцевої форми шляхом заточування та інші.

В залежності від конфігурації і розмірів деталі, характеристик високочастотних установок і інших факторів застосовують чотири основні схеми наплавлення:

- ✓ Одночасне /рис.2/ Деталь з нанесеною на всю поверхню шихтою вводиться в індуктор, де проходить одночасне розплавлення шихти/твердого сплаву/.

✓ Неперервно-послідовне /рис.5/ Деталь послідовно переміщується в індукторі, нанесення шихти передуює поступанню ділянки деталі на наплавлення. В цьому випадку одержують найбільш рівномірно наплавлений шар і можливість знизити вплив коливань товщини різальної частини на величину перегріву. Крім цього при послідовно-неперервному наплавленні можна наплавляти великі поверхні з використанням генераторів незначної потужності.

✓ Послідовне /рис. 3/ Поверхня деталі наплавляється в декілька прийомів. Цей метод також дозволяє при обмежених потужностях високочастотних генераторів наплавляти значні поверхні.

✓ Відцентрове /рис.4/ Внутрішня поверхня циліндричних деталей /труб, втулок/ наплавляється шляхом нагрівання кільцевим індуктором зовнішньої поверхні і подачі шихти спеціальним дозатором у внутрішню порожнину деталі. Для відцентрового наплавлення звичайно використовують машинні високочастотні генератори з частотою 2500 Гц.

Одночасному наплавленню підлягають лемехи плугів загального призначення і передплужників, проривочні лапи культиваторів, сушки кукурудзяних сіялок і інш.

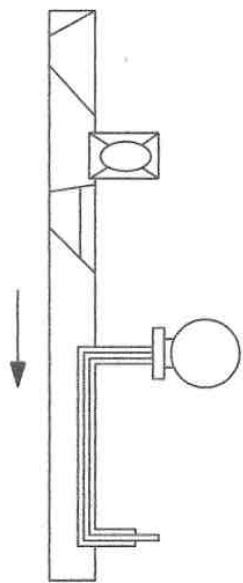


Рисунок 2. Схема одночасного наплавлення

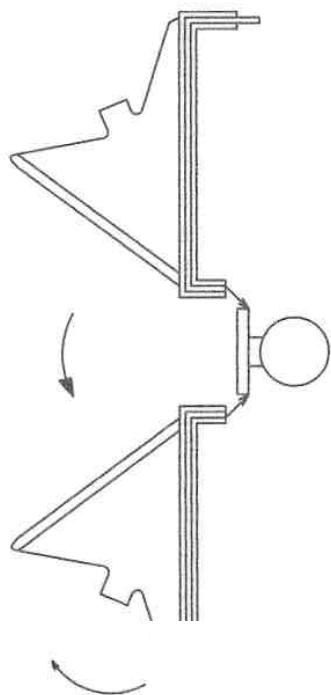


Рисунок 3. Схема послідовного наплавлення

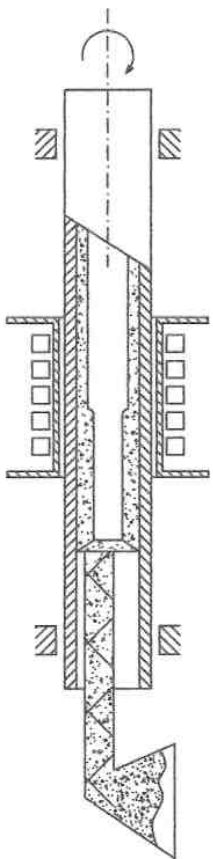


Рисунок 4. Схема відцентрового наплавлення

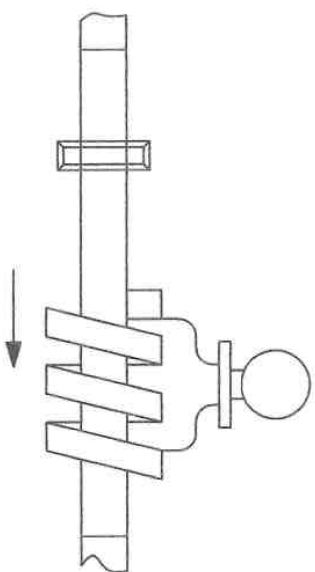


Рисунок 5. Схема неперервно-послідовного наплавлення

Неперервно послідовним методом наплавляються деталі, які мають зміцнюючу поверхню або невелику загальну жорсткість. Наприклад ножі подрібнюючого апарату силосозбирального комбайна, лопатки млинових вентиляторів, польові диски корпусів, плугів, дискові робочі органи, ножі дорожніх машин і ін. Послідовним методом наплавляють деталі, в яких поверхні, що зміцнюються, лежать в різних площинах або мають складну геометричну форму /стрільчата лапа культиватора, лемех викопуючого лісового плуга і ін/.

ШИХТА ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

При індукційному напавленні твердих сплавів основну роль відіграють склад наплавляючої шихти і умови нагрівання деталі.

Шихта являє собою суміш порошку твердого сплаву 84% і флюсів 16%.

Таблиця 1. Хімічний склад твердого сплаву ПГ-С1 в %:
/сормайт/

Fe	C	Cr	Si	Mn	Ni	S	P
основа	2,5-3,3	27-31	2,84,2	0,4-1,5	3-5	не більше	

МЕХАНІЗМ СПЛАВЛЕННЯ ТВЕРДОГО СПЛАВУ

Метод підводу тепла до наплавляючої поверхні матеріалу є найбільш характерною ознакою методу індукційного напавлення з технологічної і енергетичної точок зору. Розплавлений шар шихти під дією тепла основного металу зумовлює особливості металургійного процесу напавлення і викликає відставання температури шихти від температури основного металу.

Загальна схема змін, які відбуваються в шихті в процесі наплавлення, подана на рис. 6.

В період нагрівання до точки Кюрі / 768°C / індукований струм роз-приділяється головним чином в поверхневому шарі /близько 0,1 мм/ основного металу /рис.6 а/. Після переходу через точку Кюрі глибина проникнення струму в основний метал збільшується майже в 20 разів, завдяки чому температура в основному металі розприділяється більш рівномірно. Коли шар нанесеної шихти прогріється до температури $600-750^{\circ}\text{C}$ /в залежності від складу флюсів/ починається плавлення флюсів, осідання частинок сплаву, спливання і видалення газових бульбашок /рис. 6 б/.

До моменту початку плавлення флюсів перепад температур основного металу і шихти особливо великий і досягає $250-300^{\circ}\text{C}$.

Після розплавлення флюсів швидкість теплопередачі значно зростає і температурний градієнт різко зменшується. При температурі близько 800°C розплавлений флюс вступає у взаємодію з оксидною плівкою на крупинках твердого сплаву, переводячи оксиди заліза і легованих елементів в рідкий шлак. При досягненні температури солідусу твердого сплаву /для сормайт - близько 1270°C / починає плавитись металічна частина шихти, а рідкий шлак, який має значно меншу питому вагу витісняється на поверхню ванни /рис.6в/. Плавлення частинок твердого сплаву, які починають плавитись на поверхні деталі, в міру поступового нагрівання розповсюджується на всю товщину шару шихти. При цьому видалення бульбашок і вспливання капель шлаку продовжується /рис. 6г/, а шар шихти осідає, зменшуючись за товщиною майже в 2 рази. Поява і збільшення суцільного шару рідкого металу викликає закономірний перерозподіл

індукованого струму на ділянках, які прилягають до межі поділу.

Після повного розплавлення шихти /рис. 6д/ нагрівання зупиняється, і рідка ванна кристалізується /рис.6е/. До моменту закінчення процесу плавлення в зоні наплавлення зберігається певна нерівномірність розподілу температури.

В залежності від відведеної до індуктора потужності час, який необхідний для повного розплавлення сормаїту, коливається /для різних деталей/ в межах 1,5 -15с.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

Для здійснення процесу індукційного наплавлення необхідне технологічне, енергетичне і допоміжне обладнання. До технологічного обладнання відносяться пристрої і механізми, які забезпечують виконання нагрівання та плавлення присадного матеріалу, а саме процесу наплавлення.

До енергетичного джерела живлення нагрівальні індуктори, нагрівальні системи, лампові генератори струмів високої частоти, машинні перетворювачі і т.п.

До допоміжного відноситься обладнання, яке призначене для підготовки компонентів шихти, подачі деталей на ділянку наплавлення. З перерахованого обладнання тільки високочастотні установки серійно випускаються промисловістю.

В числі основного енергетичного обладнання для наплавлення деталей використовуються екрановані лампові високочастотні установки типу ЛЗ частотою 70 і 440 кГц, ВЧГ6-60/0.44, ВЧИ-63/0.44, ВЧГ7-160/0.44 які серійно випускаються Санкт-Петербурзьким заводом високочастотних установок, Таганрозьким заводом електротермічного

обладнання, а також іншими заводами. Використання струму частотою 440 кГц значно розширює технологічні можливості індукційного нагрівання, в тому числі і в області наплавлення.

Високочастотні установки виконані у вигляді безкаркасних шаф з листової сталі. Для зручності монтажу і обслуговування, установки мають відкриваючі двері і знімаючі щити. Двері шаф, як правило, забезпечені механічною або електромеханічною блокіровкою, яка забезпечує безпеку обслуговування установок. Для визначення необхідної потужності високочастотної установки можна скористатися формулою:

$$P = \frac{2500 \cdot (KG_0 + G_n)}{\tau_c \eta}, \quad (6)$$

де G_0 - маса основного металу в зоні наплавлення, кг;

G_n - маса наплавляючої шихти, кг;

K - коефіцієнт, який враховує теплопередачу в тіло деталі,
 $K=1,10...1,20$;

τ_c - час наплавлення, с;

η - ККД нагрівання.

В тих випадках, коли споживаюча потужність більше, ніж на 20% перевищує потужність установок, які є в наявності, наплавлення проводиться по неперервно-послідовній схемі. При цьому швидкість руху деталі і довжину індуктора визначають, виходячи з наявної потужності і обмеженої інтенсивності нагріву в залежності від товщини наплавлюваного металу і фізичних властивостей шихти. Послідовне наплавлення використовується в тих випадках, коли потужність

генератора не достатня, а неперервне переміщення деталі небажане або неможливе. При цій схемі на стиках наплавлюваних ділянок в результаті нерівномірності шару можливе виникнення дефектів. Щоб запобігти їм, необхідно разом з розплавленням шихти на 5-10 мм, підплавляти застиглий шар твердого сплаву.

При неперервно-послідовному розплавленні порошкоподібної шихти або обмазки деталей переміщується в індукторі з постійною швидкістю v . Час нагріву деталі в цьому випадку визначається як відношення довжини зони одночасного нагріву деталі в індукторі l_n і її швидкості руху v .

$$\tau_e = \frac{l_n}{v}, \text{ (хв)}. \quad (7)$$

При неперервно-послідовному наплавленні продуктивність високочастотної установки значно зменшується. Цей спосіб може бути використаний для наплавлення плоских і криволінійних поверхонь. Оптимальне значення частоти струму може бути визначене за формулою:

$$f = \frac{8 \cdot 10^6}{\delta_m} \text{ (Гц)}. \quad (8)$$

де δ_m - глибина проникнення струму в деталь.

Форма і характер індуктора і нагрівальних систем залежать від конфігурації деталі. Індуктори для наплавлення нічим особливим не відрізняються від індукторів для поверхневого загартування металу.

Для забезпечення рівномірного нагрівання, відстані між деталлю і індуктором повинні бути чітко відрегульовані. З метою підсилення

концентрації магнітного потоку на деталь і на індуктор, а також його регулювання встановлюють магнітопроводи, виготовлені з різних феритів, теплові та електромагнітні екрани.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

1. Перед початком роботи в першу чергу обов'язково підключити подачу води до високочастотного генератора, а потім ввімкнути його для нагрівання лампи на 30 хв.
2. Встановити і закріпити відповідний круглий індуктор для одночасного наплавлення робочої частини по всьому периметру і ширині.
3. Насипати спеціальним механізмом шихту із твердого сплаву товщиною $3_{+0,2}^{-0,2}$ і ввести деталь в індуктор.
4. Основні параметри генератора і його характеристики заносимо в таблицю.

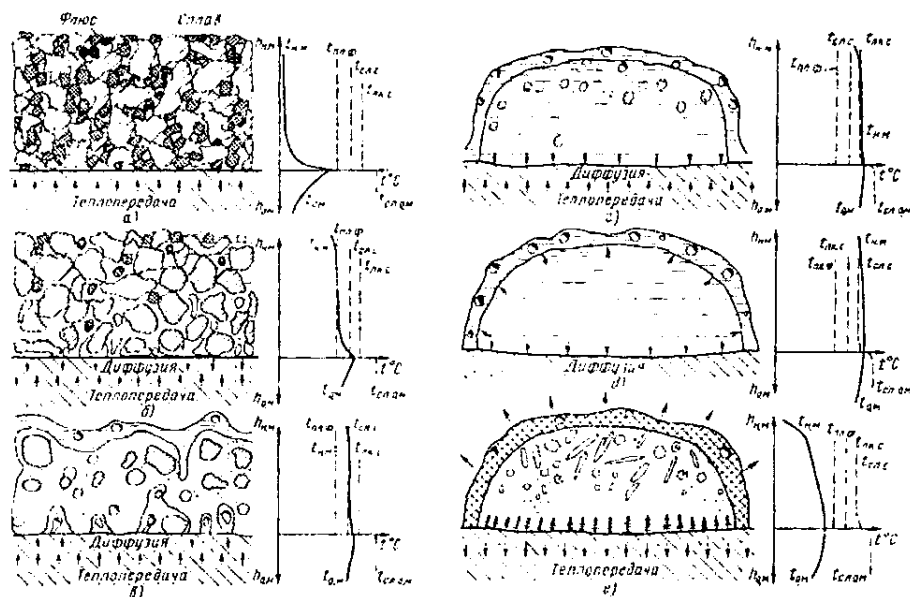
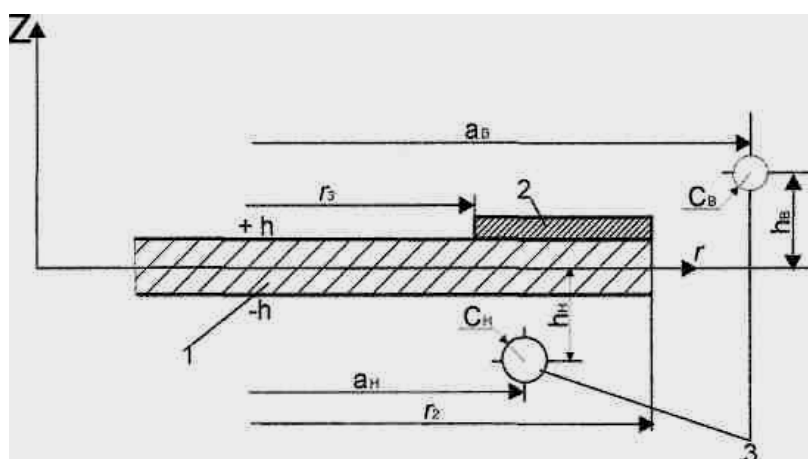


Рис. 6 - Загальна схема змін, які відбуваються в шихті в процесі наплавлення

Таблиця 2 – Результати досліджень при наплавленні дисків

Тип генератора	Тип індуктора	Напруга на контурі, кВ	Анодна напруга, кВ	Струм сітки лампи, А	Струм анода лампи, А	Час нагріву, с	Напруга на індукторі, В	Сила струму на індукторі., А	Потужність, КВт
ВЧИ-63/0,44	кільцевий двовитковий	7,5	10	1,4	4	32	350	36,64	9,324



1 - деталь, 2 - шихта, 3 – індуктор

Рис. 7 - Схема двовиткового кільцевого індуктора з деталлю

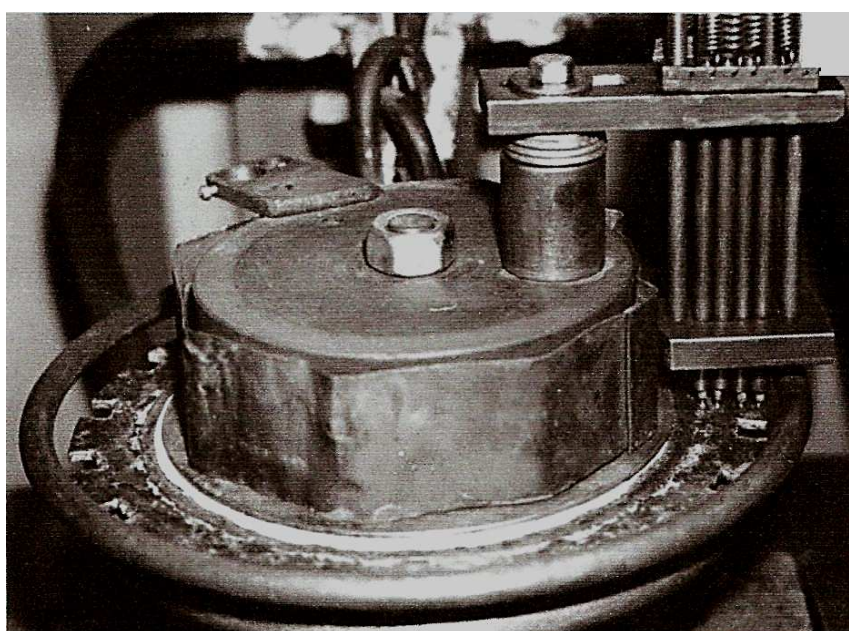


Рис. 8 - Індуктор для наплавлення дисків

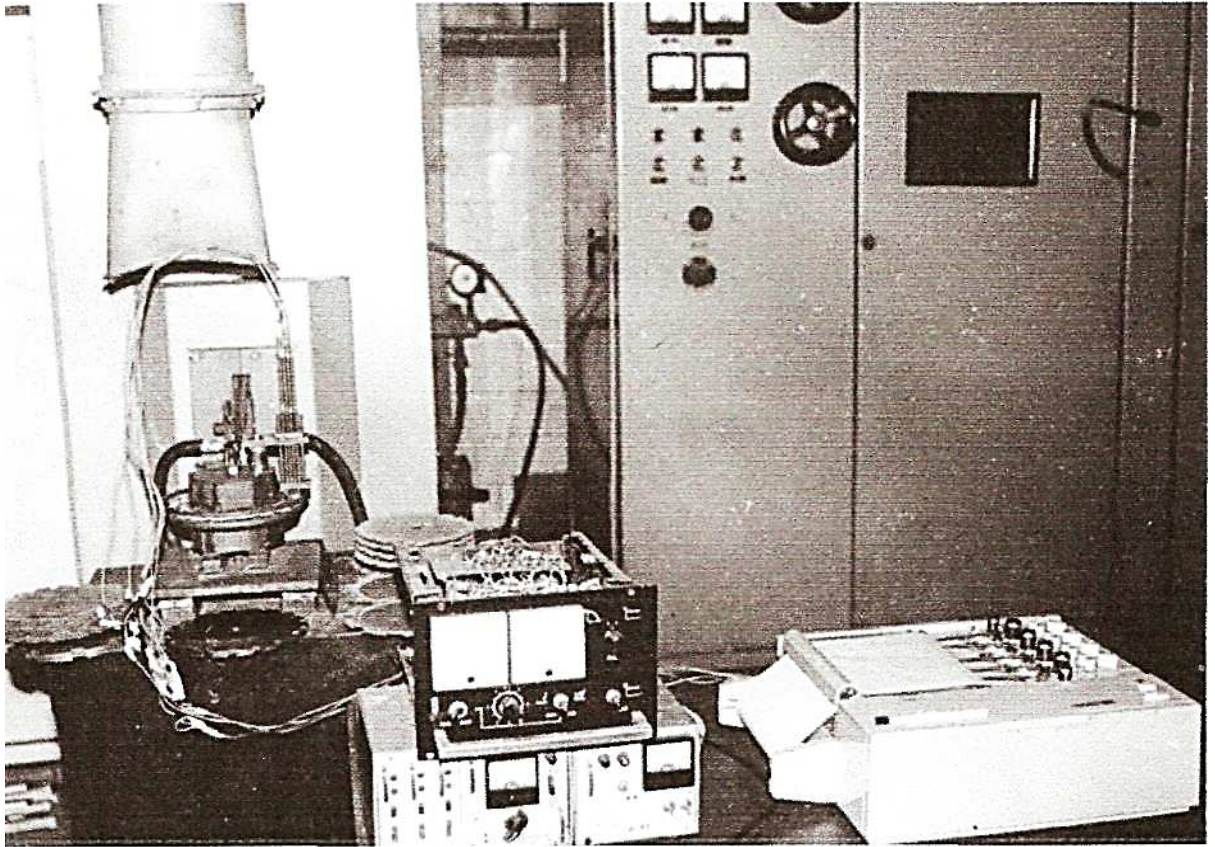


Рис. 9 - Установка для экспериментального дослідження індукційного наплавлення тонких сталевих дисків

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Фізична суть процесу індукційного наплавлення деталей стійкими порошкоподібними твердими сплавами.
2. Як впливає частота струму на глибину проникнення його в метал?
3. Які існують схеми індукційного наплавлення деталей?
4. Що являє собою шихта?
5. Пояснити механізм плавлення порошкоподібного твердого сплаву.
6. Яке обладнання використовують для індукційного наплавлення?
7. Дати визначення індуктора.
8. Вміти нарисувати конструкції індукторів, які використовуються для наплавлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / Ткачев В.Н. - М.: Машиностроение, 1971.- 264с.
2. Ткачев В.Н. Индукционная наплавка твердых сплавов /В.Н. Ткачев, В.Н. Фиштейн, Н.В, Казинцев. - М.; Машиностроение, 1970. - 184с.
3. Шаблий О.Н. Пути экономии электроэнергии при индукционной наплавке тонкостенных дисков / О.Н. Шаблий, Ч.В.Пулька, Б.П. Будзан // Автомат. сварка.- 1988. - №12. - С. 56 - 58.
4. Пулька Ч.В. Совершенствование технологии индукционной наплавки тонких фасонных дисков / Ч.В. Пулька, О.Н. Шаблий, В.Ф. Грабин, И.Я. Дзыкович // Автомат, сварка. - 1991. - № I. - С. 57 - 61.
5. Шаблий О.Н. Усовершенствование конструкции индукторов для индукционной наплавки тонких элементов деталей машин / О.Н. Шаблий, Ч.В. Пулька , А.С. Письменный , М.В. Шарик // Автомат. сварка. - 2004. - № 4. - С. 50 - 54.
6. Пулька Ч.В. Влияние режимов индукционной наплавки на структуру и свойства наплавленного металла / Пулька Ч.В., О.Н. Шаблий, А.С. Письменный // Автомат. сварка. - 2004. - №10. - С. 19 - 21.