

**Міністерство освіти і науки України  
Донбаська державна машинобудівна академія**

**В. Т. Катренко, В. А. Пресняков, В. К. Лисак, Д. М. Голуб**

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК  
для проведення лабораторних робіт  
з дисципліни  
«ТЕХНОЛОГІЯ Й МАШИНИ КОНТАКТНОГО  
ЗВАРЮВАННЯ»**

**для студентів зварювальних спеціальностей**

**Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України**

**Краматорськ 2006**

**ББК 30.4**  
**УДК 624.046.**  
**К 26**

**Рецензенти:**

**Розмишляєв А. Д.**, доктор технічних наук, професор, Приазовський державний технічний університет;

**Кал'янов В. Н.**, доктор технічних наук, професор, Українська інженерно-педагогічна академія;

**Роганов Л. Л.**, доктор технічних наук, професор, Донбаська державна машинобудівна академія.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
Лист № 14/18.2 – 545 від 01.03.06

**Катренко В. Т., Пресняков В.А., Лисак В. К., Голуб Д. М.**  
К 26 Навчальний посібник для проведення лабораторних робіт з дисципліни «Технологія й машини контактного зварювання» для студентів зварювальних спеціальностей. – Краматорськ: ДДМА, 2006. – 156 с.  
ISBN 966-379-064-4.

Посібник складений відповідно до програми, затвердженої Міністерством освіти та науки України, ставить своєю метою допомогти студентам у виконанні лабораторних робіт, передбачених теоретичним курсом. Він призначений для студентів машинобудівних технікумів і студентів вищих навчальних закладів, що вивчають предмет «Технологія й машини контактного зварювання», а також може бути використаний техніками-технологами, що працюють в області контактного електрозварювання.

**УДК 624.046.**  
**ББК 30.4**

ISBN 966-379-064-4

© Катренко В. Т., Пресняков В. А.,  
Лисак В. К., Голуб Д. М., 2006  
© ДДМА, 2006

## ЗМІСТ

Методичні рекомендації до проведення робіт .....	4
Техніка безпеки при проведенні робіт .....	4
<b>Лабораторна робота №1.</b> Вивчення конструкцій стикових контактних машин і зняття зовнішніх характеристик .....	7
<b>Лабораторна робота № 2.</b> Ознайомлення з технологією стикового зварювання й визначення впливу параметрів режиму зварювання на міцність з'єднання .....	23
<b>Лабораторна робота № 3.</b> Вивчення конструкцій контактних точкових машин і визначення активного опору вторинного контуру .....	34
<b>Лабораторна робота № 4.</b> Визначення впливу параметрів режиму точкового зварювання на міцність точки .....	54
<b>Лабораторна робота № 5.</b> Ознайомлення з технологією точкового зварювання нержавіючих хромонікелевих сталей й алюмінієвих сплавів .....	78
<b>Лабораторна робота № 6.</b> Вивчення блоку керування контактним зварюванням РКС .....	86
<b>Лабораторна робота № 7.</b> Вивчення конструкцій шовних (роликових) контактних машин і зварювання на них низьковуглецевої сталі.....	100
<b>Лабораторна робота № 8.</b> Вивчення тиристорного контактора.....	124
<b>Лабораторна робота № 9.</b> Вплив феромагнітних мас, уведених до контуру машини, на якість шовного (роликового) зварювання.....	130
<b>Лабораторна робота № 10.</b> Вивчення конструкцій й ознайомлення з технологією зварювання на конденсаторних машинах .....	134
Література.....	144

## МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Лабораторні роботи варто виконувати після проходження теоретичного матеріалу по даній темі на лекційних і практичних заняттях.

Ряд лабораторних робіт проводити одночасно всіма студентами важко через відсутність достатньої кількості однотипного устаткування, тому навчальну групу краще ділити на дві підгрупи, які, у свою чергу, розбивають на бригади по два-чотири студента. Із цих міркувань можна практикувати одночасне проведення декількох різних лабораторних робіт. Деякі роботи, залежно від наявного устаткування й приладів, за розсудом викладача можна проводити в демонстраційному порядку для всієї підгрупи.

Більшість лабораторних робіт складається з декількох частин, виконуваних окремо. Це конкретизує поставлені перед студентами завдання й дозволяє викладачу проводити роботи за частинами залежно від наявного устаткування, пристосувань і матеріалів.

Усі лабораторні роботи складені за єдиним планом. На початку кожної роботи дані короткі теоретичні відомості, що допомагають студенту правильно й осмислено виконувати її; описані устаткування та інструмент, якими необхідно користуватися при виконанні роботи, і роз'яснені цілі й завдання кожної роботи. Після цього викладені конкретні завдання, методичні рекомендації про порядок їхнього виконання й вказівки до складання звіту. Для закріплення знань і навичок, отриманих у результаті проведення лабораторних робіт, наприкінці кожної роботи наведені контрольні питання.

Користуючись цим посібником, студент може самостійно виконувати всі лабораторні роботи, вступна бесіда викладача може бути зведена до мінімуму.

За кожною лабораторною роботою студент повинен скласти письмовий звіт, ілюстрований ескізами, малюнками, таблицями й графіками. Наприкінці кожної роботи наведена зразкова форма звіту. Ця форма не претендує на вичерпну повноту й в окремих навчальних закладах, залежно від наявного устаткування й виконуваних частин роботи, може бути змінена. Форму звіту можна віддрукувати типографським або іншим способом і видавати студентам одночасно із завданням на чергову роботу. Звіти повинні бути оформлені й здані викладачеві протягом тижня після виконання роботи.

Облік виконання лабораторних робіт ведеться в спеціальному журналі, у якому після перевірки звітів і співбесід з учнями викладач виставляє оцінку про залік. Студент, що здав звіт про попередню роботу, допускається до виконання наступної роботи.

## **ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ПРОВЕДЕННІ РОБІТ**

Кожен студент, що виконує лабораторно-практичні роботи з контактного електрозварювання, повинен знати відповідні вимоги техніки безпеки. Приступаючи до чергової лабораторної роботи, викладач у вступному інструктажі повинен попередити студентів про можливі небезпеки й ознайомити їх із правилами безпечного виконання робіт. Особливу увагу при цьому варто звернути на електробезпечність.

### **Захист від поразки електричним струмом**

Вплив електричного струму на організм може викликати серйозні наслідки для здоров'я людини і навіть привести до мнимої смерті, при якій зникають видимі ознаки життя. Цей вплив може проявлятися в різних формах (опіки, удари й т.д.), однак найнебезпечніший електричний удар, у результаті якого травмуються мозкові центри, що управляють функціями серця й подиху. Чим вища напруга електричного струму й чим менший опір організму його проходженню, тим більший струм і тим сильніша поразка. Найчастіше поразка електричним струмом відбувається в результаті дотику до неізольованих струмопровідних частин електричного ланцюга, що перебуває під напругою. Устаткування для контактного зварювання за технікою безпеки повинне відповідати вимогам «Правил експлуатації електроустановок» (ПЕЕ), «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів» (ПТЕ), ГОСТ 12.3.003-86, ГОСТ 12.2.003-74, ГОСТ 12.2.049-80, ГОСТ 12.2.007.8-75, «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» (ПТБ).

Вимоги безпеки, пропоновані до конструкції машин і входних до комплекту машин виробів, визначає ГОСТ 12.2.007.8-75.

Для попередження поразки електричним струмом необхідно дотримуватися таких правил:

1 Корпуси всіх машин, металеві кожухи рубильників і магнітних пускатів, до яких підведений електричний струм, повинні бути заземлені. При відсутності заземлення пробій первинної обмотки трансформатора на корпус може привести до серйозних наслідків.

Усі електричні кабелі, що йдуть від розподільних щитків до робочих місць, повинні бути надійно ізольовані й захищені від механічних ушкоджень.

2 Перемикачі щабель потужності трансформатора можна тільки при вимкненому рубильнику.

3 При роботі на машинах під ногами повинні бути гумові коврики або сухі дерев'яні ґрати.

4 Монтаж, ремонт електроустаткування й спостереження за ним повинні здійснювати кваліфіковані електромонтери. Студентам категорично забороняється робити будь-які виправлення в силових електричних ланцюгах.

5 При включенні рубильника не можна доторкатися голими руками не тільки до неізольованих металевих частин електричних ланцюгів, але й до ізольованих, тому що ушкодження ізоляції іноді може бути не поміченим.

6 При закінченні роботи на конденсаторних машинах або при тривалих паузах варто обов'язково розрядити конденсатори шляхом короткого замикання їхніх виводів. Розрядку конденсаторів потрібно повторити кілька разів. Відсутність напруги на конденсаторах перевіряють за вольтметром.

7 При виявленні ушкодження електричного ланцюга необхідно припинити роботу, виключити рубильник і негайно сповістити про це викладача або лаборанта.

При поразці електричним струмом необхідно звільнити потерпілого від впливу струму. Потрібно виключити рубильник, вивернути запобіжні пробки, перерубати струмоведучі кабелі і т.д. Якщо потерпілий не подає ознак життя, йому роблять штучне дихання до приходу лікаря. Стан потерпілого може визначити тільки лікар.

### **Способи попередження опіків**

У процесі стикового зварювання оплавленням, а також точкового зварювання деталей із брудною й іржавою поверхнею утворюється велика кількість іскор і бризків розплавленого металу, які можуть потрапити на незахищену поверхню тіла й викликати опіки. Для захисту від опіків необхідно дотримуватися таких правил:

1 Зварювання робити в окулярах шоферського типу з простим склом, у фартуху з щільної тканини, головному уборі й рукавицях.

2 При стиковому зварюванні оплавленням простір затискного механізму закрити металевим щитком.

3 При точковому зварюванні титана, алюмінієвих сплавів й інших металів, що дають велику кількість бризків, місце зварювання закрити відкидним прозорим щитком.

4 Не працювати без водяного охолодження, тому що крім псування машини це може привести до опіків на руках.

### **Протипожежні заходи**

Причинами пожеж при зварювальних роботах можуть бути загоряння горючих матеріалів, що перебувають поблизу від робочих місць, а також несправний стан електричних проводів. Варто пам'ятати, що іскри й бризки розплавленого металу, що потрапили на горючий матеріал, можуть викликати його тління, а потім й загоряння.

Для попередження пожеж необхідно вживати такі заходи:

1 Не зберігати поблизу від місця зварювання легко займисті або вогненебезпечні матеріали (клоччя, гас, бензин й ін.).

2 Необхідно постійно стежити за наявністю й справним станом протипожежних засобів (вогнегасників, ящиків з піском і лопат, бочок з водою й цебер, пожежних рукавів).

3 Після закінчення зварювальних робіт необхідно виключити всі електричні установки й водяне охолодження, а також переконатися у відсутності гарячих і тліючих предметів.

Варто пам'ятати, що при гасінні нафти, гасу, бензину, а також палаючих електричних проводів не можна використовувати воду й пінні вогнегасники. У цих випадках необхідно застосовувати вуглекислотні або сухі вогнегасники.

Усі лабораторні роботи повинні проводитися в присутності викладача або лаборанта.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ СТИКОВИХ КОНТАКТНИХ МАШИН І ЗНЯТТЯ ЗОВНІШНІХ ХАРАКТЕРИСТИК

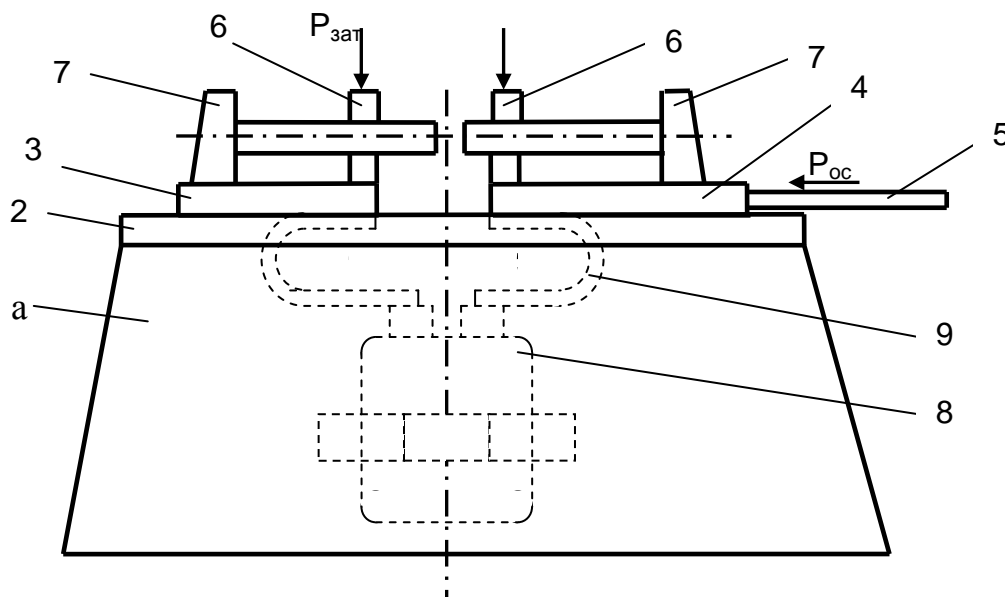
#### 1.1 Загальні відомості

Основні вузли стикових машин для контактного зварювання (рис. 1.1): станина (корпус) з напрямними, зварювальний трансформатор, перемикач щаблів потужності, затискний пристрій зі струмовідвідними електродами (губками), механізм подачі й осадження, механізм увімкнення й вимикання струму, система водяного охолодження.

Для кращого вивчення конструкції стикових машин розберемо пристрій кожного з цих вузлів.

Станина, зварна або лита, призначена для кріплення на ній усіх основних вузлів. У середині станини встановлений зварювальний трансформатор, а зверху – затискний пристрій і механізм подачі та осадження.

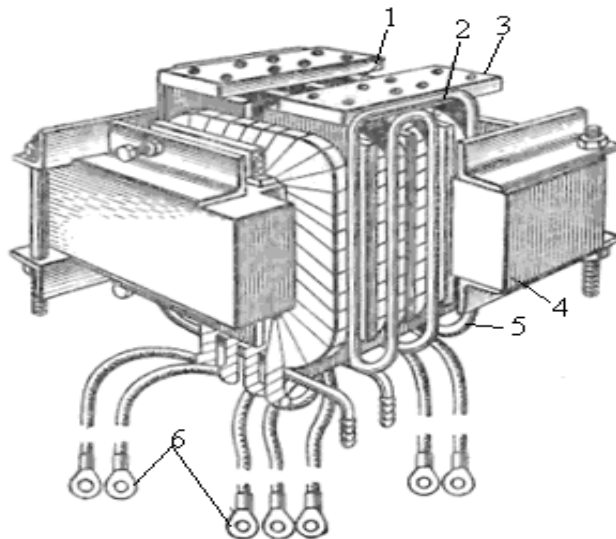
Зварювальний трансформатор служить для одержання у зварювальному ланцюзі великого струму при відносно низькій його напрузі. Трансформатор складається із сердечника 4, секціонованої первинної обмотки 2 з відводами 6, вторинного витка 1 з контактними колодками 3 і трубками водяного охолодження 5 (рис. 1.2).



1 – станина; 2 – направляючі; 3 – нерухома плита; 4 – рухома плита;  
5 – подаючий пристрій; 6 – затискний пристрій; 7 – упори;  
8 – зварювальний трансформатор; 9 – гнучкі струмопідвідні шини

Рисунок 1.1 – Розташування вузлів стикової машини

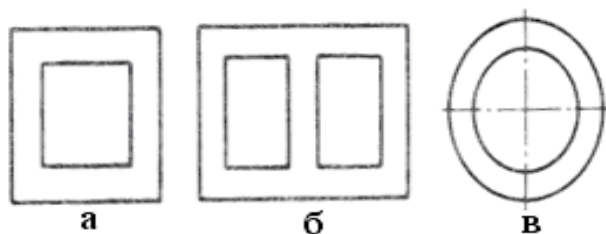




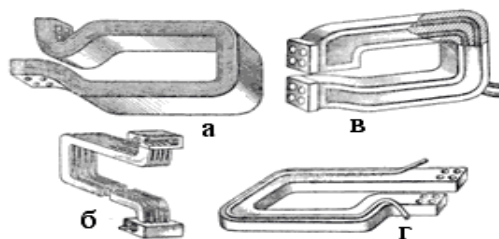
*Рисунок 1.2 – Зварювальний трансформатор*

Сердечники виготовляють із листової електротехнічної сталі, за конструкцією вони можуть бути стрижневими (рис. 1.3, а), броньовими (рис. 1.3, б) і кільцевими (рис. 1.3, в).

Вторинні витки трансформаторів контактних зварювальних машин звичайно виготовляють із тонкої мідної фольги (рис. 1.4, а), звареними з мідних труб (рис. 1.4, б), литими з алюмінію (рис. 1.4, в) або вирізують із товстолистової міді (рис. 1.4, г). Витки з мідної фольги охолоджують повітрям, а всі інші витки – холодною проточною водою.



*Рисунок 1.3 – Типи сердечників зварювальних трансформаторів*



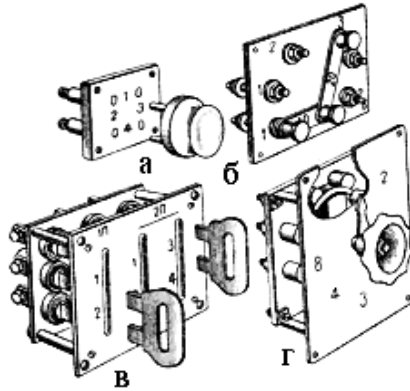
*Рисунок 1.4 – Типи вторинних витків*

Первинну обробку трансформатора виконують у вигляді циліндричної або дискової котушки, від якої відводять кабелі для підключення її до мережі й перемикача щаблів потужності.

Однією з характеристик зварювального трансформатора є тривалість його увімкнення ТВ, що визначається відношенням тривалості увімкнення струму протягом одного зварювального циклу  $t_{зв}$  до тривалості повного циклу  $t_{ц}$ , рівного сумі тривалостей зварювання й паузи:

$$TB = \frac{t_{зв}}{t_{ц}} \cdot 100 \% .$$

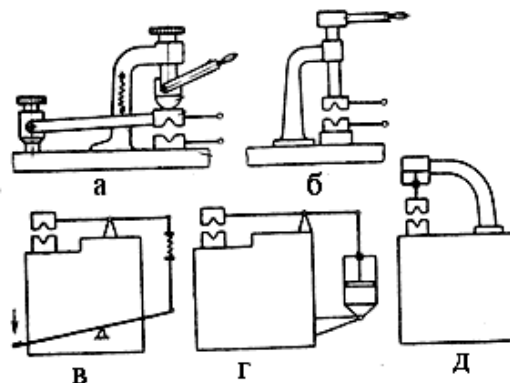
Перемикач щаблів потужності служить для східчастого регулювання зварювального струму. Збільшуючи або зменшуючи кількість витків первинної обмотки, включених у мережу, відповідно змінюють напругу на кінцях вторинного витка. Залежно від потужності машини застосовують штепсельні (рис. 1.5, а), пластинчасті (рис. 1.5, б), втичні (рис. 1.5, в) перемикачі й перемикачі з ковзними контактами (рис. 1.5, г).



*а – штепсельні; б – пластинчасті; в – втичні; г – з ковзними контактами*

*Рисунок 1.5 – Перемикачі щаблів потужності*

Затискний пристрій призначений для закріплення й центрування деталей, що зварюють, в електродах (губках) машини, а також підведення до них зварювального струму. Затискні пристрої можуть бути ручні або механізовані. До ручних відносять ексцентрикові, гвинтові й важільні затискачі. Вони звичайно застосовуються в машинах малої й середньої потужності. У машинах середньої й великої потужності використовують механізовані затискачі: пневматичні, гідравлічні, електричні й пневмогідравлічні пристрої (рис. 1.6). Для попередження проковзування деталей в електродах затискні пристрої деяких стикових машин мають упори.



*а – ексцентриковий; б – гвинтовий; в – важільно-пружинний;  
г – важільно-пневматичний; д – пневматичний*

*Рисунок 1.6 – Затискні пристрої стикових машин*

Механізм подачі й осадження служить для зближення деталей, що зварюють, і створення необхідного тиску в момент зварювання й осадження. Залежно від методу зварювання (опором або оплавленням), ступеня автоматизації й необхідного зусилля осадження стикові машини мають пружинні, важільні, гвинтові, електромеханічні, гідравлічні, пневматичні й комбіновані приводи механізмів подачі й осадження.

При пружинному приводі (рис. 1.7, а) плита 1 пересувається пружиною 2, попередньо стиснутою ексцентриком 4. Ступінь стиску пружини можна регулювати гвинтом 3. При гвинтовому приводі (рис. 1.7, б) плита 1 разом із гвинтом 4 переміщується від обертання гайки 2, зв'язаної конічними зубчастими колесами 3 й 6 зі штурвалом 5. У випадку важільного приводу (рис. 1.7, в) плита 1 пересувається при повороті важеля 2 і випрямленні коліна 3.

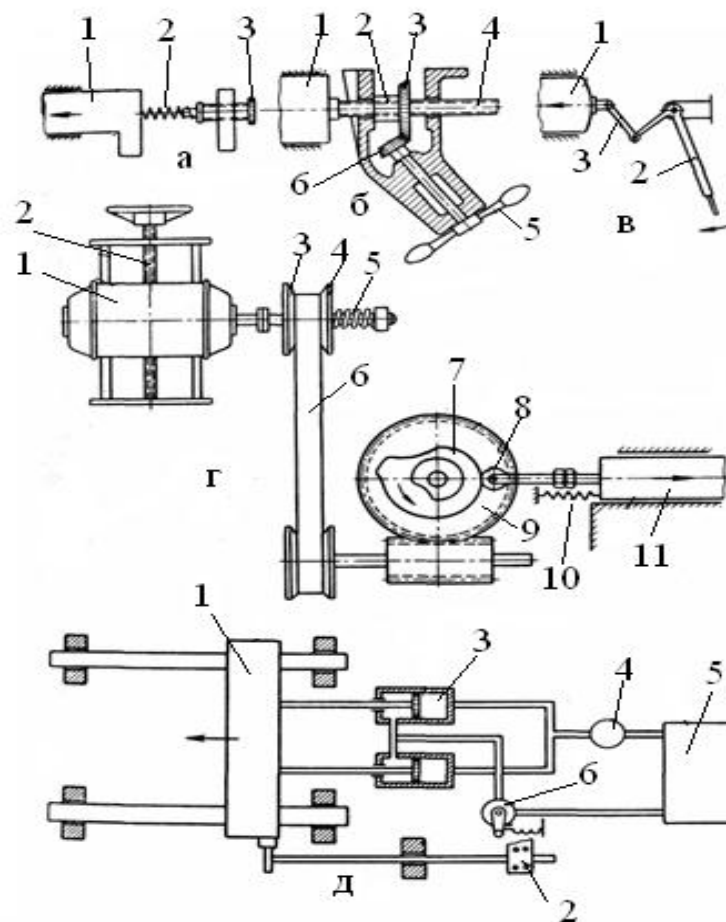


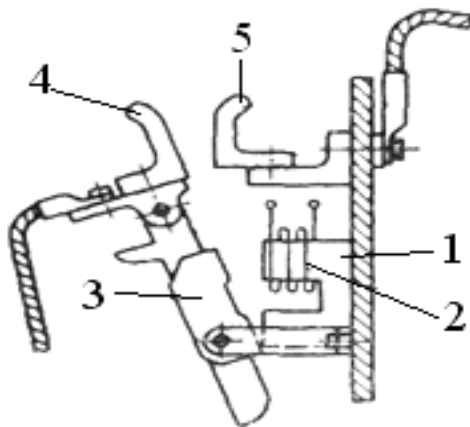
Рисунок 1.7 – Приводи механізмів подачі й осадження стикових машин

При електромеханічному приводі (рис. 1.7, г) електродвигун 1 через варіатор швидкостей, клиноремінну передачу 6 й черв'ячний редуктор 9 обертає кулачок подачі 7. Останній, натискаючи на ролик 8, пересуває плиту 11. Після зварювання пружина 10 повертає плиту у вихідне положення.

Швидкість оплавлення й осадження змінюють варіатором швидкостей. Варіатор являє собою розсувний шків, що складається з двох конічних дисків 3 й 4, стягнутих пружиною 5. Гвинтом 2 зводять або розводять конічні диски, змінюючи робочий діаметр шківів й тим самим плавно регулюючи швидкість руху плити.

При гідравлічному приводі (рис. 1.7, д) плита 1 пересувається за допомогою масла, що надходить під тиском із насосної станції 5. Подаючи масло в праві камери гідравлічних циліндрів 3, плиту пересувають уліво й стискають деталі. Подаючи масло після закінчення зварювання в ліві камери циліндрів, плиту повертають у вихідне положення. Для регулювання швидкості подачі стола служить гідравлічний дросель 6, важілець якого повертається під дією кулачка 2. Гідравлічним дроселем 4 регулюють швидкість повернення плити. Механізм увімкнення й вимикання первинної обмотки зварювального трансформатора має механічні вимикачі й контактори.

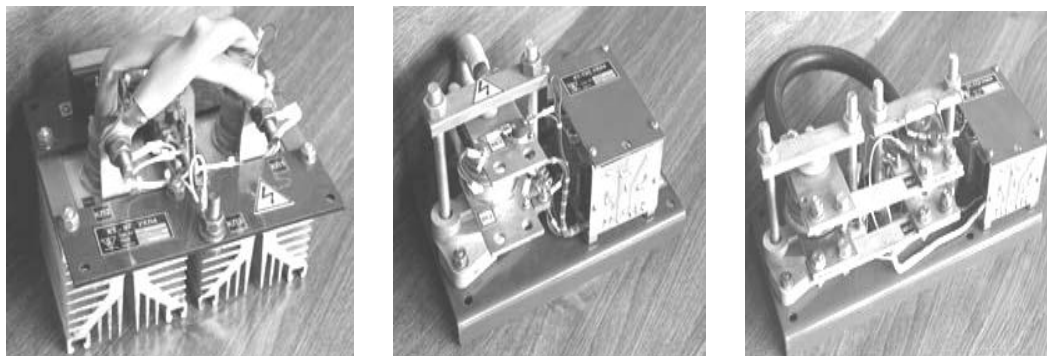
Останні можуть бути електромагнітні й ігнітронні (застарілі). Електромагнітний контактор (рис. 1.8) складається із залізного сердечника 1, котушки 2 і рухливого якоря 3, на якому укріплений рухомий контакт 4. При увімкненні котушки електромагніта якорь притягнеться до сердечника й контакт 4 замкнеться з нерухомим контактом 6, у первинну обмотку трансформатора потече струм. Котушка електромагніта вмикається й вимикається за допомогою кінцевих вимикачів.



*Рисунок 1.8 – Електромагнітний контактор*

На машинах великої потужності застосовуються ігнітронні (застарілі) або тиристорні контактори (рис. 1.9).

Система водяного охолодження забезпечує охолодження всіх струмопідвідних частин машини, що сильно нагріваються в процесі зварювання. У стикових машинах звичайно охолоджують вторинний виток трансформатора й струмопідвідні електроди (губки).



а

б

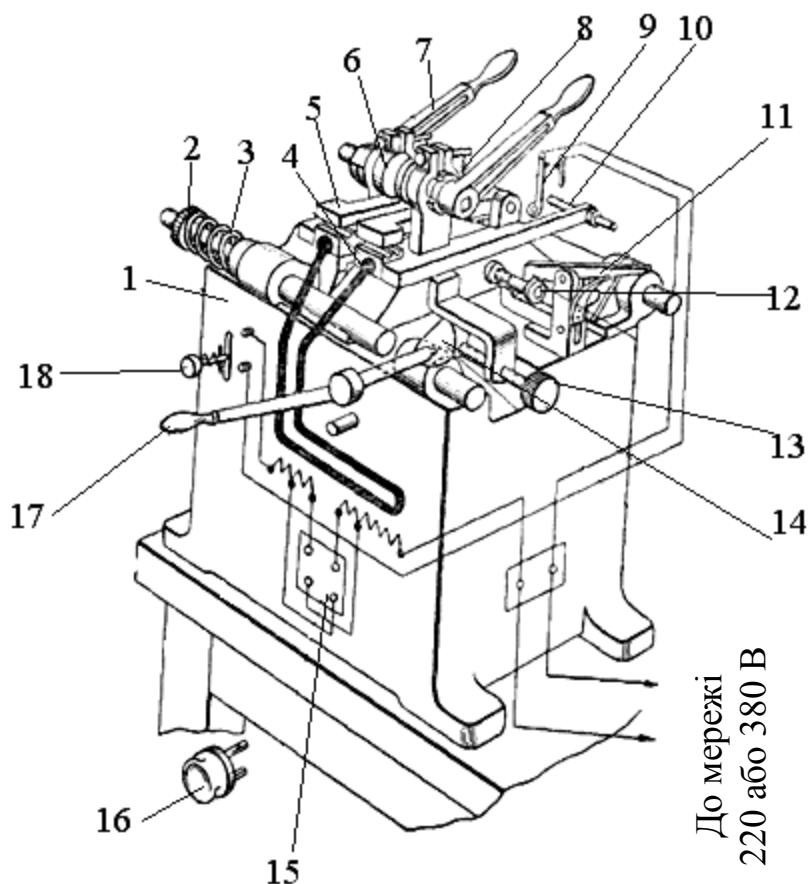
в

*а – КТ-07; б – КТ-11Е; в – КТ-12С*

*Рисунок 1.9 – Контактори тиристорні*

### ***Машина з пружинним приводом***

У корпусі 1 (рис. 1.10) установлений зварювальний трансформатор з перемикачем щаблів потужності 15, за допомогою якого вилкою 16 можна міняти зварювальний струм. На корпусі змонтовані затискні пристрої ексцентрикового типу й пружинний привод механізму подачі й осадження.



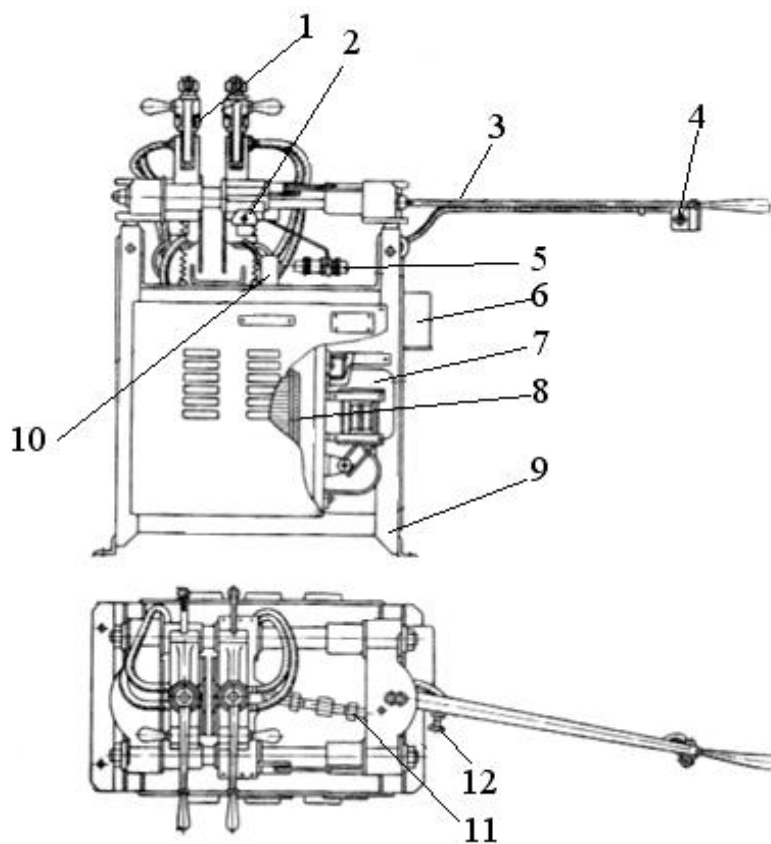
*Рисунок 1.10 – Електрокінематична схема стикової машини АСИФ-5 з пружинним приводом механізму осадження*

Подача й осадження деталей, що зварюють, здійснюються двома пружинами 3, попередньо стисненими важелем 17. При повороті важеля ексцентрик 14, натискаючи на упорний гвинт 13, розводить затискні пристрої й створює натяг пружин, які втримуються засувкою 11. Хід рухливого затискача регулюють гвинтом 12. Деталі, що зварюють, затискають між струмопідвідними губками 4 важелями 5, ексцентриком 6 при повороті ручки 7 униз. При повороті ручки 7 нагору пружини 8 піднімають важелі 5 у первісне положення.

Після затиснення деталей звільняють засувку, торцеві поверхні деталей стикаються під дією пружин 3. Кнопкою 18 вмикають у мережу первинну обмотку трансформатора. Торці деталей починають нагріватися й осаджуватися. У момент осадження штифт 10 натискає на контакт кінцевого вимикача 9 і зварювальний струм вимикається. Зусилля стиску деталей регулюють попереднім натягом пружин гайками 2.

### ***Машина з важільним приводом***

Машина МСР-50 (рис. 1.11) дозволяє робити стикове зварювання оплавленням й оплавленням з попереднім підігрівом сталевих стрижнів компактного перетину й труб.



*Рисунок 1.11 – Стикова машина МСР-50 з важільним приводом механізму осадження*

У корпусі 9 машини розміщений зварювальний трансформатор 8 та вмикаючий контактор 7. На корпусі розташовані затискні пристрої 1 і привод механізму стиску й осадження. По висоті губки регулюють гвинтом 2, стиск й осадження здійснюють важелем 3, що через талреп 11 переміщає правий затискний пристрій. За допомогою талрепа можна регулювати відстань між губками. Для обмеження величини осадження на важелі служить упор 12. Зварювальний струм вмикають пусковою кнопкою 4. Вимикання струму в момент осадження відбувається при натисканні упором 5 на кнопку, що виключає, 10. З лівого боку машини укріплений перемикач щаблів потужності 6.

Електрична схема машини (рис. 1.12) працює в такий спосіб. При натисканні на кнопку П, розташовану на рукоятці важеля, струм від вторинної обмотки понижуючого трансформатора ТП пройде через замкнену кнопку П, нормально замкнений контакт кінцевого вимикача КВ і котушку проміжного реле  $K_1$ .

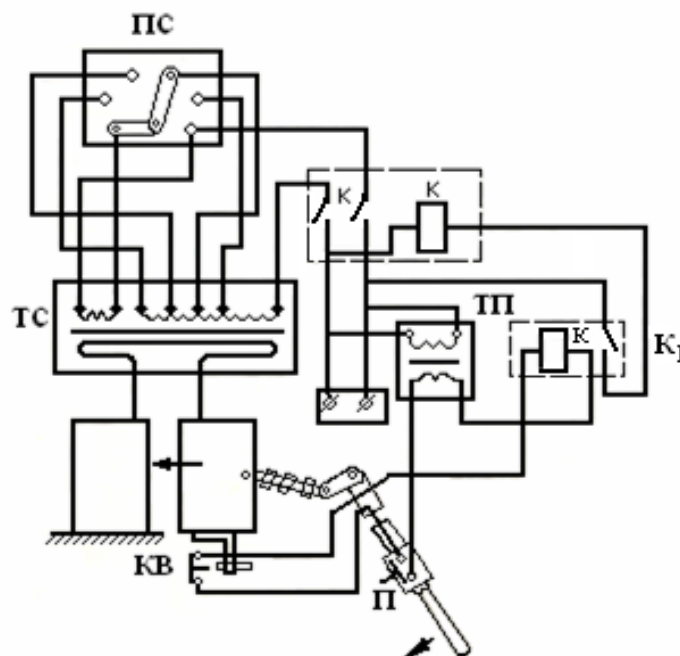


Рисунок 1.12 – Електрична схема стикової машини МСР-50

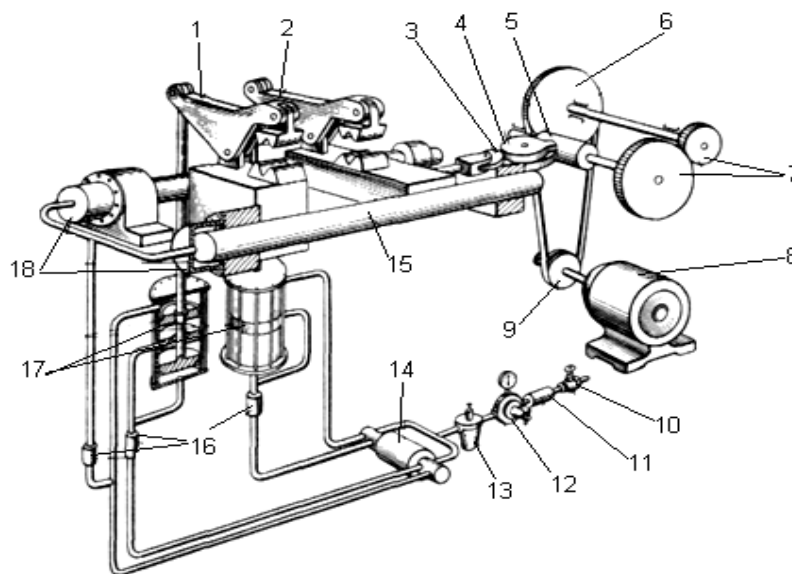
Реле спрацює й замкне свій нормально відкритий контакт  $K_1$ . При цьому струм з мережі пройде через контакт, що замкнув, реле  $K_1$  і котушку електромагнітного контактора К. Контактор спрацює й увімкне два нормально відкритих контактори К. Таким чином, первинна обмотка зварювального трансформатора ТЗ виявиться під напругою мережі. Почнеться процес зварювання. У момент осадження рухлива плита натисне на кнопку кінцевого вимикача КВ, струм у ланцюзі котушки реле перерветься. Контактор розімкнеться й знеструмить котушку контактора К. Розімкнувшись, контакти К відключать первинну обмотку зварювального трансформатора від мережі й система прийде у вихідне положення.

Зварювальний трансформатор має секціоновану первинну обмотку, що дозволяє одержувати за допомогою перемикача щаблів ПЩ вісім значень вторинної напруги.

### ***Машина з електромеханічним приводом***

Ця машина служить для автоматичного зварювання безперервним оплавленням і зварювання оплавленням з попереднім підігрівом деталей компактного й розвиненого перетину. Деталі, що зварюють, затискають пневматичним пристроєм радіального типу (рис. 1.13).

Лівий затискач 1 ізольований від корпусу машини й закріплений нерухомо. Правий затискач 2 встановлений на двох напрямних 15 і може переміщатися по них у межах, необхідних для зварювання. Кожен затискач має по два пневматичних циліндра, зібраних у загальний блок 17.



*Рисунок 1.13 – Кінематична схема стикової машини МСМУ-150-1*

Стиснене повітря до циліндрів надходить із мережі через вентиль 10, повітряний фільтр 11, повітряний редуктор 12, лубрикатор 13 й електромагнітний клапан 14.

Лубрикатор призначений для змащення манжет пневматичних циліндрів, а електромагнітний клапан служить для впуску й випуску стисненого повітря з камер пневматичних циліндрів. На шляху стисненого повітря до циліндрів встановлені дроселюючі клапани 16, призначені для пом'якшення ударів, які можуть виникнути під час затиснення деталей, що зварюють. Пристрій лубрикатора, електромагнітного й дроселюючого клапанів докладно описано в лабораторній роботі № 3. Для переміщення одного із затискачів при зварюванні в машині використаний електромеханічний привод. Обертання від електродвигуна 8 через регулятор швидкостей 9 і шків 6 передається на циліндричну пару змінних зубчастих коліс 7, а по-

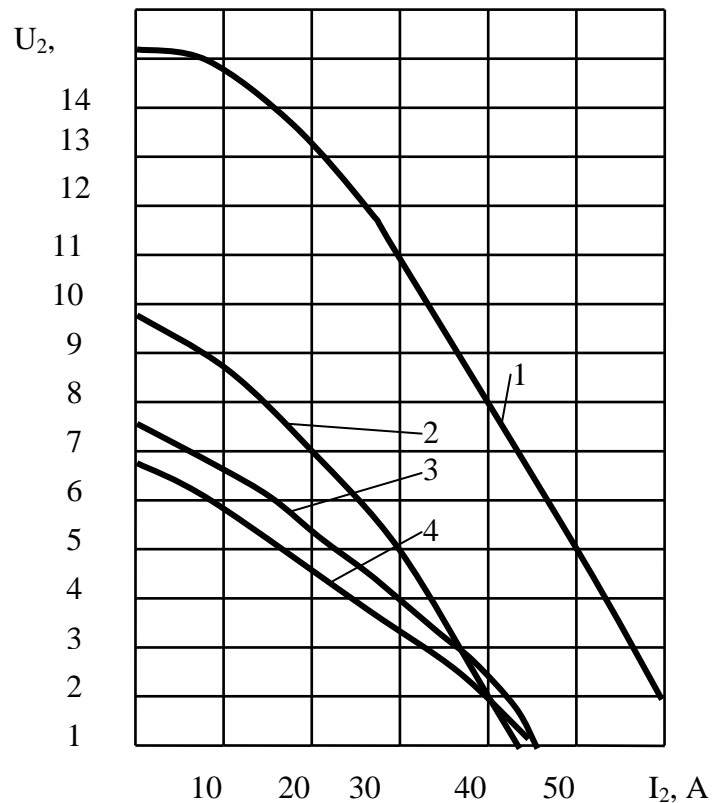


тім – на черв'ячний редуктор 5. На одній осі з черв'ячним колесом насаджений кулачок 4, що через ролик 3 надає руху затискачу 2. Машина при цьому робить робочий хід. Після розтиснення затискач 2 за допомогою пневматичних циліндрів 18 повертається до вихідного положення.

### ***Зняття зовнішньої характеристики стикової машини***

Зовнішньою характеристикою називається графічна залежність між робочим струмом і напругою.

Крайні точки зовнішньої характеристики машини – це характеристики холостого ходу, коли  $E_2 = U_2$ ;  $I_2 = 0$ , і короткого замикання, коли  $U_2 = 0$ ;  $I_2 = I_{2к.з.}$ . Зовнішні характеристики бувають пологопадаючими й крутопадаючими. Їхня крутість залежить від повного опору ланцюга машини при короткому замиканні. На рис. 1.14 наведені зовнішні характеристики для чотирьох стикових машин, зняті на номінальному (передостанньому) щаблі потужності.



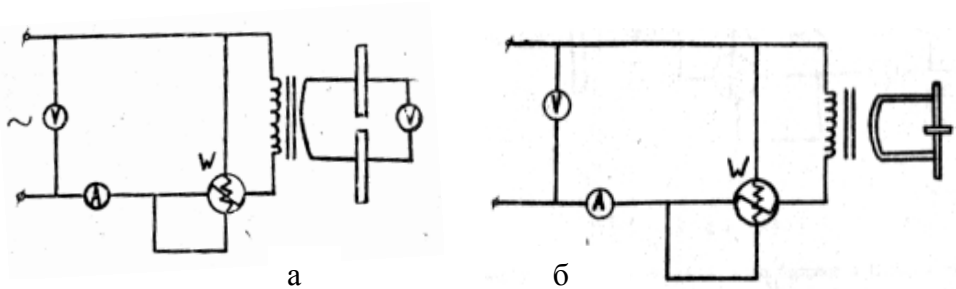
*Рисунок 1.14 – Зовнішні характеристики зварювального трансформатора для різних щаблів потужності (1 – 4)*

Для побудови зовнішньої характеристики, а також для визначення ряду електричних параметрів машини проводять дослідження холостого ходу, короткого замикання й заміряють деякі електричні параметри при різних навантаженнях (рис. 1.15).

Випробування холостого ходу проводять для всіх щаблів трансформатора при розімкнутому вторинному ланцюзі. За допомогою амперметра, двох вольтметрів і ватметра визначають струм холостого ходу  $I_0$ , напругу живильної мережі  $U_1$ , Е.Р.С. вторинної обмотки трансформатора  $E_2$  і втрати холостого ходу  $P_0$ . Ці дані дозволяють визначити крайню точку зовнішньої характеристики при  $I_2 = 0$ ;  $U_2 = E_2$  і коефіцієнт трансформації для всіх щаблів трансформатора:

$$n_m = \frac{U_1}{E_{2m}},$$

де  $n_m$  й  $E_{2m}$  – відповідно коефіцієнт трансформації й Е.Р.С. вторинної обмотки  $m$ -го щабля.



*а – холостого ходу; б – короткого замикання*

*Рисунок 1.15 – Схема випробувань*

Випробування холостого ходу дозволяє визначити число витків первинної обмотки трансформатора на різних щаблях увімкнення:

$$w_m = w_2 n_m,$$

де  $w_m$  – число витків  $m$ -го щабля;

$w_2$  – число витків вторинної обмотки 2-го щабля (звичайно  $w_2 = 1$ ).

Випробування короткого замикання проводять при замкнутих накоротко електродах (губках). При неможливості безпосереднього контакту електроди замикають через масивний мідний стрижень при мінімальному розкритті затискних пристроїв. При короткому замиканні для щабля  $m$  заміряють первинний струм короткого замикання  $I_{к.з. m}$ , напругу живильної мережі  $U_1$  й споживану потужність машини  $P_{к.з. m}$ . Ці виміри дозволяють визначити іншу крайню точку зовнішньої характеристики (при  $I_2 = I_{к.з. m}$  й  $U_2 = 0$ ) і коефіцієнт потужності машини (для щабля  $m$ ) у режимі короткого замикання:

$$\cos \varphi_m = \frac{P_{к.з. m}}{U_1 I_{к.з. m}}.$$

Первинний струм можна заміряти приладами прямого вмикання й приладами із трансформаторами струму або за допомогою вимірювальних кліщів, наприклад типу Ц-30. Варто пам'ятати, що при короткому замиканні струм у первинній обмотці трансформатора й потужність, споживана з мережі, значно збільшуються, а тому амперметр і ватметр необхідно вмикати через вимірювальний трансформатор струму з великим коефіцієнтом трансформації.

Для визначення інших точок зовнішньої характеристики на цьому ж щаблі заміряють усі параметри при різних опорах вторинного ланцюга. Для виміру струму між електродами (губками) машини затискають мідну або сталеву трубу, охолоджувану проточною водою. Можливе застосування деталі з іншою формою перетину. Змінюючи перетини й матеріал, міняють опір, а отже, і струм у вторинному ланцюзі  $I_2$ . Величину вторинного струму  $I_2$  розраховують за коефіцієнтом трансформації для цього щабля:

$$I_2 = (I_1 - I_0) \frac{w_1}{w_2},$$

де  $I_1$  – струм первинної обмотки при короткому замиканні;

$I_0$  – струм первинної обмотки при холостому ході;

$w_1, w_2$  – число витків відповідно в первинній і вторинній обмотках зварювального трансформатора.

Отримані дані холостого ходу для кожного щабля й короткого замикання для декількох щаблів, а також розрахункові дані дають можливість графічно побудувати зовнішню характеристику машини.

## **1.2 Проведення роботи**

### ***Устаткування й матеріали***

1 Машини для стикового зварювання з різними приводами механізму осадження (АСИФ-5, МСР-50, МСМУ-150 або їм подібні). Технічна характеристика машин, див. табл. 1.1

2 Вольтметр на 220 або 380 V.

3 Вольтметр на 5, 10 або 15 V.

4 Амперметр на 5 А з трансформатором струму 600/5 або струмовимірювальні кліщі Ц-30.

5 Ватметр із трансформатором струму.

6 Сталеві й мідні трубки, охолоджувані проточною водою.

7 Пересувний лабораторний стіл із набором необхідних проводів, інструментом і спецодягом.

8 Описи, креслення, схеми й необхідні довідкові матеріали.



Таблиця 1.1 – Технічна характеристика машин для стикового зварювання

Параметри	АСП-1	АСИФ-5М	МСП-50	СМ-50	МСМУ-150
Номінальна потужність, кв·А	1	5	50	50	150
Тривалість увімкнення ТВ, %	15	25	20	45	20
Число шаблів регулювання трансформатора	20	4	8	8	16
Межі регулювання вторинної напруги, В	0,6-1,4	1,1-2,2	2,7-5,1	2,6-5,2	4,04-8,1
Привод подачі	Пружинний		Важільний	Електромеханічний	
Найбільше зусилля осадження, Н (кг)	—	1200 (120)	30 000 (3000)	30 000 (3000)	65 000 (6500)
Хід подачі, мм	—	14	30	35	20
Тип затискного пристрою	Пружинний	Ексцентриковий	Важільно-гвинтовий	Важільний	Пневматичний
Найбільше зусилля затиснення, Н (кг)	—	5000 (500)	20 000 (2000)	20 000 (2000)	100 000 (10000)
Номінальний перетин деталей, що зварюють, мм <sup>2</sup>	1,3	60	400	600	2000
Продуктивність зварювань, ч	180	100	90	180	80
Витрата холодної води, дм <sup>3</sup> /с (л/г)	—	—	0,089 (300)	—	0,056 (200)
Витрата стисненого повітря, м <sup>3</sup> /с	—	—	—	—	0,004
Габаритні розміри, мм	1090 x 450 x 400	660 x 670 x 400	1100 x 1570 x 1115	1050 x 750 x 2060	1300 x 1580 x 2000
Вага машини, кг	61	100	335	550	2000

## ***А Ознайомлення з конструкцією стикової машини***

За завданням викладача повинна бути добре вивчена одна з машин із пружинним, важільним або електромеханічним приводом механізму й подачі осадження. З машинами інших типів варто тільки ознайомитися.

1 Уважно прочитати опис стикової машини, знайти її основні вузли, усвідомити їхнє призначення й схематично замалювати загальне компонування машини.

2 Дати характеристику затискного пристрою й схематично зобразити його конструкцію.

3 Описати тип трансформатора й викреслити схему розташування первинної й вторинної обмоток.

4 Навести схему й пояснити роботу перемикача щаблів потужності.

5 Дати характеристику механізму подачі й осадження й схематично зобразити його пристрій.

6 Накреслити схему блокування вимикача струму з механізмом подачі й осадження.

7 Замалювати електроди (губки), визначити, з якого матеріалу вони виготовлені, і описати спосіб їхнього кріплення.

8 Накреслити схему водяного охолодження.

9 Скласти технічну характеристику машини.

## ***Б Дослідження холостого ходу***

1 Накреслити принципову електричну схему машини із включенням необхідних електровимірювальних приладів.

2 Підготувати таблицю для записів даних вимірів й обчислень (див. табл. 1.2).

3 Зібрати електричну схему й показати її для перевірки викладачеві або лаборанту.

4 При розімкнутому вторинному ланцюзі на всіх щаблях увімкнення заміряти струм холостого ходу  $I_0$ , напругу живильної мережі  $U_1$ , ЕДС вторинної обмотки трансформатора  $E_2$  і втрати холостого ходу  $P_0$ .

5 Обчислити коефіцієнт трансформації для всіх щаблів увімкнення. Результати вимірів й обчислень записати в таблицю 1.2.

6 Розібрати схему.

## ***В Дослідження короткого замикання***

1 Накреслити принципову електричну схему машини із включенням необхідних електровимірювальних приладів.

2 Підготувати таблицю для записів даних вимірів й обчислень (див. табл. 1.3).

3 Зібрати схему й пред'явити її для перевірки.

4 Замкнути накоротко вторинний ланцюг і на одному зі щаблів увімкнення заміряти струм короткого замикання в первинній обмотці  $I_{1к. з. м.}$ , напругу живильної мережі  $U_1$  і споживану потужність  $P_{к.з.м.}$ .

5 Обчислити коефіцієнт потужності  $\cos \varphi_m$  для цього щабля режиму короткого замикання.

6 Користуючись даними досвіду холостого ходу, обчислити струм короткого замикання  $I_{2к. з. м.}$  у вторинному ланцюзі. Результати вимірів й обчислень записати в таблицю 1.3.

7 Розібрати схему.

Дослідження проробити три рази – на першому, середньому й передостанньому щаблях увімкнення. При необхідності варто замінити електровимірні прилади або вимірювальні трансформатори струму й напруги.

### ***Г Зняття зовнішньої характеристики***

1 Накреслити схему ввімкнення приладів, зібрати її й пред'явити для перевірки.

2 Підготувати таблицю для записів даних вимірів й обчислень (див. табл. 1.4).

3 При найбільшому розкритті електродів (губок) затиснути сталеву (а потім мідну) трубу, охолоджувану водою, і зробити виміри струму в первинній обмотці  $I_1$ , напруги мережі  $U_1$ , напруги на електродах (губках) машини  $U_2$  і споживаної з мережі потужності  $P_1$ .

4 Зблизити електроди на 3-6 мм і знову зняти показання приладів. Дослідження проводити три рази на першому, середньому й передостанньому щаблях увімкнення.

5 Користуючись даними дослідження холостого ходу, обчислити зварювальний струм  $I_2$  у вторинному ланцюзі. Результати вимірів й обчислень записати в таблицю 1.4.

6 Розібрати схему.

7 На підставі табличних даних побудувати зовнішні характеристики  $U_2 = f_1(I_2)$  й залежність споживаної з мережі потужності від струму у вторинному ланцюзі  $P_1 = f_2(I_2)$ . Для побудови крайніх точок зовнішніх характеристик варто використати дані досліджень холостого ходу й короткого замикання.

### ***Контрольні питання***

- 1 Назвіть основні вузли стикових машин для контактного зварювання.
- 2 Опишіть пристрій зварювального трансформатора.
- 3 Як улаштований та працює перемикач щаблів потужності?

4 Що таке тривалість увімкнення (ТУ) трансформатора і як вона визначається?

5 Опишіть роботу стикових машин із пружинними, важільними, електромеханічними й гідравлічними приводами.

6 Що називається зовнішньою характеристикою машини і як вона знімається?

7 Як здійснюють дослідження холостого ходу й дослідження короткого замикання?

### 1.3 Звіт про лабораторну роботу №1

#### ***Вивчення конструкції стикових контактних машин і зняття зовнішніх характеристик***

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання роботи \_\_\_\_\_

#### ***А Ознайомлення з конструкцією стикової машини***

(Загальна схема стикової машини з позначенням окремих вузлів)

(Схема затискного пристрою)

(Схема зварювального трансформатора)

(Схема перемикача щаблів потужності)

(Схема механізму подачі й осадження)

(Схема водяного охолодження)

(Технічна характеристика машини, див. табл. 1.1)

*Таблиця 1.2 – Для записів даних вимірів й обчислень*

Тип машини	Номер щабля	Виміри			Обчислення	
		Струм холостого ходу $I_0$ , А	Напруга мережі $U_1$ , В	Е.Р.С. вторинної обмотки трансформатора $E_2$ , В	Втрати холостого ходу $P_0$ , Вт	Коефіцієнт трансформації $n$
	1					
	і т.д.					



Таблиця 1.3 – Для записів даних вимірів й обчислень

Тип машини	Номер щабля	Виміри			Обчислення	
		Струм короткого замикання $I_{1к}$ , А	Напруга мережі $U_1$ , В	Споживана з мережі потужність $P_k$ , Вт	Коефіцієнт потужності $\cos \varphi$	Струм короткого замикання у вторинному ланцюзі $I_{2к}$ , А

### **Б Дослідження холостого ходу**

(Схема включення електровимірювальних приладів)  
Обчислення коефіцієнтів трансформації \_\_\_\_\_

Таблиця 1.4 – Для записів даних вимірів й обчислень

Тип машини	№ щабля	№ виміру	Виміри				Обчислення
			Струм у первинному ланцюзі $I_1$ , А	Напруга мережі $U_1$ , В	Напруга на електродах $U_2$ , В	Споживана з мережі потужність $P_1$ , Вт	Струм у вторинному ланцюзі $I_2$ , А

### **В Дослідження короткого замикання**

Обчислення коефіцієнта потужності й струму короткого замикання у вторинному ланцюзі \_\_\_\_\_  
(Схема включення електровимірювальних приладів)

## ***Г Зняття зовнішньої характеристики***

(Схема включення електровимірювальних приладів)

Обчислення струму у вторинному ланцюзі \_\_\_\_\_

Зовнішня характеристика зварювального трансформатора

$$U_2 = f_1(I_2)$$

Графік залежності споживаної з мережі потужності від зварювального струму  $P_1 = f_2(I_2)$

Висновки за роботою \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2**

### **ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ТЕХНОЛОГІЄЮ СТИКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ Й ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ЗВАРЮВАННЯ НА МІЦНІСТЬ З'ЄДНАННЯ**

#### **2.1 Загальні відомості**

##### ***Зварювання опором***

Цей спосіб звичайно застосовують при зварюванні сталей невеликих поперечних перерізів (до 100 мм<sup>2</sup>), кольорових металів й їхніх сплавів: міді, латуні, бронзи, алюмінію і т. ін.

Підготовка торців деталей під зварювання опором складається з рівної обрізки їх та ретельного зачищення до металевого блиску. Підготовку можна здійснювати на токарських верстатах, дисковими пилками, наждаковими колами і т. ін. Основна умова якісного зварювання – щільне прилягання торців, що зварюють, по всьому перетину. З огляду на це, стикове зварювання опором не застосовують для деталей складної конфігурації, а також з великою площею поперечного перерізу, тому що навіть при гарній обробці торців неможливо домогтися рівномірного розігріву по всьому перетину, у результаті чого, як правило, у стику утворюються непровари.

Поверхня деталей для кращого електричного контакту зі струмопровідними електродами повинна бути зачищена від іржі, масла, бруду та ін. по всій довжині, що затискається в електроди (губки). Дрібні деталі (ланки

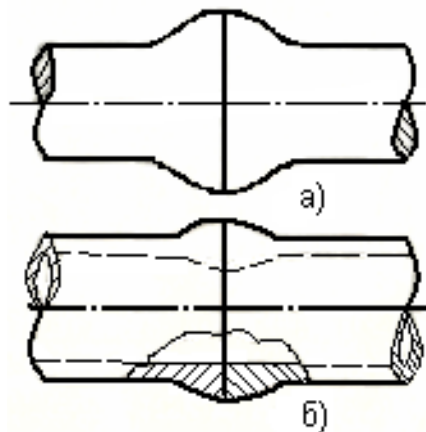
ланцюгів, заготовки інструмента й т.п.) зачищають у галтовочних барабанах із кварцовим піском і сухою тирсою. Великі деталі в місцях струмопідведення зачищають переносними наждаковими колами.

У масовому виробництві широко застосовується травлення в кислоті з наступною нейтралізацією в лузі.

Процес зварювання опором виконують у такій послідовності:

- 1) деталі з рівно обрізаними, добре зачищеними торцями затискають в електродах (губках) машини й здавлюють;
- 2) вмикають зварювальний струм, й торцеві поверхні деталей розігріваються до високої температури (для низьковуглецевої сталі це 1200 - 1250 °С);
- 3) здійснюють осадження розігрітих торців;
- 4) вимикають зварювальний струм і деталі виймають із затискачів.

До основних параметрів стикового зварювання опором відносять: зварювальний струм; тривалість нагрівання (час зварювання); величина тиску осадження; установочна довжина, тобто довжина кінців деталей, що виступають із електродів; величина осадження. Розглянемо далі вплив окремих параметрів режиму на якість звареного стику (рис. 2.1).



*Рисунок 2.1 – Стики, зварені методом опору*

Зварювальний струм дуже впливає на якість зварювання. При малому струмі можуть з'явитися непровари й включення окислів, занадто великий струм може привести до перегріву й перепалу металу. Величину струму підраховують як добуток необхідної щільності струму на площу поперечного перерізу заготовівель. Щільність струму знаходиться у досить широких межах 10 – 200 А/мм<sup>2</sup>. Зі збільшенням площі поперечного перерізу деталей щільність струму варто зменшувати. Кольорові метали та їхні сплави зварюють на струмах більших щільностей. Зварювальний струм регулюють перемикачем щаблів потужності.

Тривалість нагрівання або час проходження струму через деталі залежить в основному від обраної щільності струму й площі поперечного перерізу деталей, що зварюють, і становить звичайно десяті частки секунди

або кілька секунд. Зі збільшенням площі поперечного перерізу тривалість нагрівання збільшується. При занадто тривалому нагріванні можливе утворення в стику окислів та малопластичної перегрітої структури металу. Час проходження струму регулюють або вручну натисканням на пускову кнопку, або спеціальними пристроями у вигляді кулачків струму й ін.

Тиск осадження обирають залежно від площі поперечного перерізу, температури нагрівання й марки металу. При недостатньому тиску може з'явитися непровар, а при надлишковому тиску можливе утворення тріщин. Тиск осадження підраховують як добуток питомого тиску на площу поперечного перерізу заготівель. Питомий тиск, застосовуваний при зварюванні кольорових металів і сплавів, становить  $10-15 \text{ МН/м}^2$  ( $1-1,5 \text{ кг/мм}^2$ ), а при зварюванні сталей –  $20-50 \text{ МН/м}^2$  ( $2-5 \text{ кг/мм}^2$ ). Для прискорення нагрівання в початковий момент зварювання дається невеликий тиск, а наприкінці зварювання, тобто в момент осадження, його збільшують. Механізм регулювання величини тиску осадження у машин різних типів різний: натягом пружини, кулачком подачі, зміною тиску повітря або масла і т. д. Установочна довжина дуже впливає на нагрівання деталей, що зварюють. При невеликій установочній довжині стик нагрівається погано внаслідок посиленого відводу тепла в мідні електроди (губки), охолоджувані водою. При великій установочній довжині в стику, що нагрівається добре, утвориться занадто велике стовщення, крім того, можлива втрата стійкості й скривлення деталей, що зварюють. Звичайно установочна довжина приймається рівною  $0,5-2$  діаметра стрижня. При зварюванні різнорідних металів їхня установочна довжина різна. Величину осадження обирають залежно від поперечного перерізу деталей, що зварюють, у межах  $2-10 \text{ мм}$ . Загальне осадження розподіляється на осадження під струмом й осадження без струму (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Орієнтовні режими зварювання опором прутків з вуглецевої сталі

Площа перетину заготовки, мм <sup>2</sup>	Установочна довжина обох заготовок, мм	Припуск на осадження, мм			Щільність струму, А/мм <sup>2</sup>	Тривалість нагрівання, с
		Загальний	Під струмом	Без струму		
7	7	2,2	1,6	0,6	—	0,2-0,3
25	12	2,5	1,7	0,8	200	0,6-0,8
50	16	2,7	1,8	0,9	160	0,8-1,0
100	20	3,0	2,0	1,0	140	1,0-1,5

*Примітка.* Припуск на осадження, зазначений для заготовів із щільно підігнаними торцями. Тиск осадження 13 МН/м<sup>2</sup> (1,3 кг/мм<sup>2</sup>).

При недостатньому осадженні в стику можливі непровари, окисли й жужільні включення. При завищеній величині осадження можливе скривлення волокон й утворення тріщин.

### ***Зварювання оплавленням***

Цей спосіб застосовується при зварюванні деталей з вуглецевих та легированих сталей з більшим поперечним перерізом, тонкостінних деталей з розвиненим перетином при зварюванні різномірних металів (сталь із міддю, мідь із алюмінієм) і т. д. При зварюванні оплавленням до підготовки торців деталей особливих вимог не пред'являють, у процесі оплавлення всі нерівності на поверхні стику оплавляються й вирівнюються. На зварювання можуть надходити деталі безпосередньо після рубання або газового різання з окалиною й навіть іржею на поверхні торців. Єдина вимога до заготівель – це гарне зачищення їхніх поверхонь у місцях струмопідводу.

Сутність зварювання оплавленням полягає в тому, що між торцями деталей при повільному їхньому зближенні під струмом в одній або декількох точках виникає електричний контакт. У результаті незначного тиску в контакті його перехідний опір дуже високий. У контакті виділяється велика кількість тепла й між торцями деталей утворюється перемичка рідкого металу. Ця перемичка під дією розпечених газів вибухає й рідкий метал викидається зі стику у вигляді іскор, бризків та пару. При подальшому повільному зближенні деталей у зіткнення входять наступні частини металу, які також розплавляються й вибухають. Коли вся поверхня торців оплавиться й покриється тонким шаром рідкого металу, деталі різко здавлюють і вимикають струм. При здавлюванні рідкий метал витісняється разом з окислами зі стику, утворюючи так званий грат, а розташований під ним твердий метал зварюється. Як вказувалося раніше, зварювання оплавленням можна здійснювати безперервним оплавленням або оплавленням з попереднім підігрівом. Процес зварювання безперервним оплавленням протікає в такій послідовності:

- 1) деталі, що зварюють, затискають в електроди (губки) машини з невеликим зазором;
- 2) вмикають зварювальний струм та зближують деталі, при цьому збуджується процес оплавлення;
- 3) дають осадження під струмом;
- 4) струм вимикають і дають остаточне осадження без струму;
- 5) деталі звільняють із затискачів.

Процес зварювання оплавленням з попереднім підігрівом протікає аналогічно, тільки перед початком оплавлення деталі підігрівають безпосередньо в машині. Підігрівати можна методами опору або переривчастого оплавлення.

При підігріві методом опору деталі зближують при увімкненому зварювальному струмі й витримують у зімкнутому стані 0,2-5 с (залежно від перетину). Потім їх розмикають і знову змикають, загальне число таких змикань може бути 3-30. Після нагрівання торців до температури 800-1100 °С збуджується процес безперервного оплавлення. При підігріві методом переривчастого оплавлення деталі періодично стуляють і розмикають під струмом. Торці при цьому розігріваються з рясним викиданням іскор зі стику. Після останнього розмикання починається процес оплавлення. Надалі в обох випадках процес протікає так само, як і при безперервному оплавленні (рис. 2.2). Для збудження й підтримки стійкого процесу оплавлення необхідна підвищена, у порівнянні зі зварюванням опором, напруга на електродах машини (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Мінімальні значення напруги холостого ходу, В

Спосіб стикового зварювання	Площа перетину, мм <sup>2</sup>							
	До 50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2000	2500-5000	5000-10 000
Опором	1,5	2	2,5	3	—	—	—	—
Безперервним оплавленням	4	4,5	5	6,5	8	10	—	—
Оплавленням з попереднім підігрівом	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7

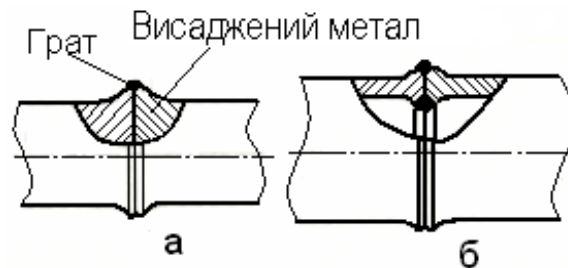


Рисунок 2.2 – Стики, зварені оплавленням

Розглянемо, як обираються параметри режиму для зварювання оплавленням.

Зварювальний струм встановлюють залежно від необхідної щільності струму. Щільність струму при зварюванні безперервним оплавленням вуглецевих сталей повинна бути меншою, ніж при зварюванні опором (10-50 А/мм<sup>2</sup>). При зварюванні оплавленням з попереднім підігрівом щільність струму може бути зменшена до 3-10 А/мм<sup>2</sup>. При зварюванні кольорових металів і сплавів щільність струму збільшують до 100-150 А/мм<sup>2</sup>.

Установочна довжина при зварюванні оплавленням робить такий же вплив на якість з'єднання, як і при зварюванні опором (табл. 2.3).

*Таблиця 2.3 – Установочна довжина прутків і труб з різнорідних металів при зварюванні оплавленням*

Метал		Орієнтовна установочна довжина, частки діаметра деталі		Відношення установочних довжин
Перша деталь	Друга деталь	Перша деталь	Друга деталь	
Низьковуглецева сталь	Вуглецева сталь	1,0	0,5	1,5 – 2,0
Низьковуглецева або низьколегована сталь	Аустенітна сталь	1,2	0,5	2,0 – 2,5
Вуглецева сталь	Швидкорізальна сталь	0,75	0,5	1,3 – 1,5
Сталь	Латунь	1,5	1,5	1,0 – 1,2*
Сталь	Мідь	2,5	1,0	2,0 – 2,05*
* Оплавляється головним чином сталь				

Швидкість оплавлення дуже впливає на нагрівання деталей. При невеликій швидкості оплавлення збільшується глибина прогріву. Звичайно на початку процесу швидкість оплавлення невелика, особливо при зварюванні деталей з більшим поперечним перерізом. Перед осадженням, щоб уникнути окислювання торців деталей, швидкість оплавлення збільшують (табл. 2.4).

Швидкість осадження в кілька разів перевищує швидкість оплавлення й зростає зі збільшенням схильності металу до окислювання.

*Таблиця 2.4 – Швидкості оплавлення й осадження при стиковому зварюванні різних металів*

Метал	Швидкість оплавлення, мм/с		Швидкість осадження, мм/с (не менше)
	Середня	Перед осадженням	
Низьковуглецева сталь	0,5 – 1,5	2 – 5	15 – 20
Низьколегована сталь	1,5 – 2	4 – 5	20 – 30
Аустенітна сталь	2,5 – 3,5	5 – 7	30 – 50
Легкі сплави	3 – 7	8 – 15	100 – 200

При невеликій швидкості осадження частки окислів і забруднень не встигають видавитися зі стику, а отже, міцність його знижується (див. табл. 2.4).

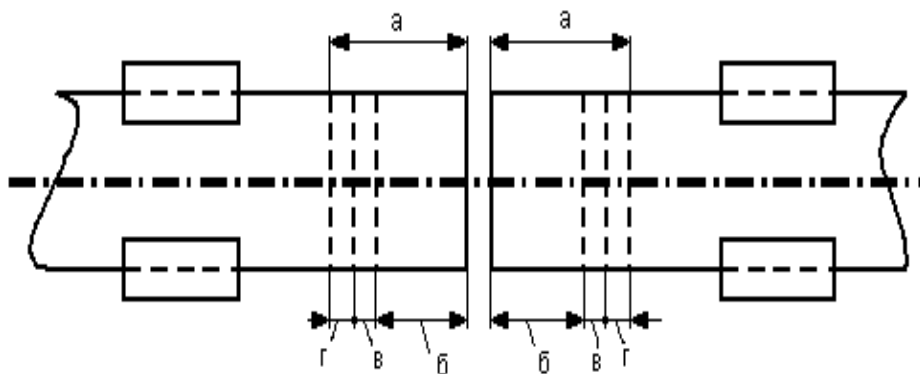
Тиск осадження обирають за площею поперечного перерізу заготовок і необхідним питомим тиском, що залежить від способу зварювання й металу (табл. 2.5).

*Таблиця 2.5 – Орієнтовний питомий тиск осадження при стиковому зварюванні оплавленням, МН/м<sup>2</sup> (кг/мм<sup>2</sup>)*

Метал	Зварювання безперервним оплавленням	Зварювання оплавленням з підігрівом
Низьковуглецева сталь	80-100 (8-10)	40-60 (4-6)
Средньовуглецева сталь	100-120 (10-12)	40-60 (4-6)
Високowуглецева сталь	120-140 (12-14)	40-60 (4-6)
Низьколегована сталь	100-120 (10-12)	40-60 (4-6)
Аустенітна сталь	160-250 (16-25)	100-180 (10-18)
Мідь	250-400 (25-40)	— —
Алюміній	120-150 (12-15)	— —
Алюмінієві сплави	130-200 (13-20)	— —
Латунь	140-180 (14-18)	— —
Бронза	140-180 (14-18)	— —
Титан	30-60 (3-6)	30-40 (3-4)
Чавун	80-100 (8-10)	40-60 (4-6)

У результаті оплавлення й осадження розмір деталей зменшується. Це необхідно враховувати при розмітці й різанні заготівель.

Для одержання готових виробів необхідної довжини при зварюванні оплавленням заготовки повинні бути виготовлені з певним припуском на оплавлення й осадження (рис. 2.3, табл. 2.6).



*a – припуск на оплавлення й осадження; б – припуск на оплавлення;  
в – припуск на осадження під струмом;  
г – припуск на осадження без струму*

*Рисунок 2.3 – Розподіл загального припуску при стиковому зварюванні*



*Таблиця 2.6 – Припуски стрижнів з низьковуглецевих та  
низьколегованих конструкційних сталей  
(на обидва стрижні)*

Діаметр стрижня, мм	Площа перетину, мм <sup>2</sup>	Припуск при зварюванні з підігрівом, мм			Припуск при зварюванні безперервним оплавленням, мм		
		Загальний	На підігрів й оплавлення	На осадження	Загальний	На оплавлення	На осадження
5	20	—	—	—	6	4	2,0
10	78	7,3	5	2,3	8	5,7	2,3
14	154	9,3	6,5	2,8	12	9,5	2,5
18	254	11,2	8,0	3,2	16	13	3,0
22	280	12,6	9,0	3,6	18	14,8	3,2
26	530	15	11,2	3,8	22	18,5	3,5
30	707	16	12,0	4,0	25	21,5	3,5
36	1018	18	15,0	5,0	30	26	4,0
40	1257	20	14,5	5,5	33	28,5	4,5
<p><i>Примітки:</i> 1 Сумарна установочна довжина дорівнює 1,5 діаметра стрижня при зварюванні низьковуглецевих сталей й 2-2,4 діаметри стрижня при зварюванні низьколегованих сталей.</p> <p>2 При наявності зазорів між нерівно зрізаними торцями варто відповідно збільшити загальний припуск на зварювання (за рахунок припуску на оплавлення).</p> <p>3 Припуск на осадження під струмом становить 40-50 % загального припуску на осадження.</p>							

Правильно встановлений режим забезпечує гарну якість звареного стику. Можливі дефекти, пов'язані з порушенням режиму зварювання, а також причини їхні виникнення наведені в табл. 2.7.

## 2.2 Проведення роботи

### *Устаткування й матеріали*

- 1 Машина для стикового зварювання.
- 2 Прес для випробувань на кут загину.
- 3 Лещата.
- 4 Міліметрова лінійка.
- 5 Штангенциркуль.
- 6 Молоток.
- 7 Зубило.

- 8 Напилок.
- 9 Набір різних стрижнів зі сталі, кольорових металів й їхніх сплавів.
- 10 Пересувний лабораторний стілець із набором необхідного інструмента й спецодягу.

*Таблиця 2.7 – Дефекти при стиковому зварюванні*

Вид дефекту	Можливі причини утворення дефектів
Жужільні включення в стику	Нестійке оплавлення. Мала величина осадження. Передчасне вимикання струму
Непровар	Мала потужність машини. Низький тиск осадження. Погана підготовка торців. Малий припуск на оплавлення й осадження
Перегрів металу	Великий зварювальний струм. Великий припуск на оплавлення й осадження. Завищено установочну довжину
Тріщини в зоні зварювання	Великий тиск осадження. Недостатнє попереднє нагрівання. Мала установочна довжина. Перегрів металу
Зсув торців заготовок	Недостатня твердість затискачів. Погана підготовка торців. Більша установочна довжина
Підпалини поверхні заготовок у місцях струмопідведення	Погане зачищення поверхні заготовок. Забруднені електроди. Мале зусилля затиснення. Погане охолодження електродів

### ***А Практичне ознайомлення з технологією стикового зварювання опором***

- 1 Підготувати таблицю для записів даних вимірів і спостережень (див. табл. 2.8).
- 2 Для даної площі поперечного перерізу, для кожної пари заготовок (сталь, мідь, латунь, алюміній) підібрати за таблицями режим зварювання й настроїти машину.
- 3 Затиснути деталі в електродах (губках) і заміряти відстань між ними.
- 4 Зварити стики методом опору.
- 5 Повторно заміряти відстань між електродами.
- 6 Підрахувати сумарну величину осадження обох заготовок.
- 7 Підібрати режим і зварити встик різнорідні метали (сталь + латунь, латунь + мідь).
- 8 Зварити кілька стиків з низьковуглецевої сталі, змінюючи при цьому їхню установочну довжину й визначаючи величину осадження.
- 9 Оцінити якість зварених стиків за зовнішнім виглядом й випробувати зварені стики на кут загину.

## ***Б Практичне ознайомлення з технологією стикового зварювання оплавленням***

- 1 Опанувати практику оплавлення, що супроводжується інтенсивним іскрінням.
- 2 Підготувати таблицю для записів даних вимірів і спостережень (див. табл. 2.9).
- 3 Для даної площі поперечного перерізу заготовок з вуглецевої і легированої сталі підібрати за таблицями режим зварювання й настроїти машину.
- 4 Зварити методом оплавлення з нормальним вимиканням струму (після початку осадження).
- 5 Повторити зварювання з передчасним вимиканням струму (перед початком осадження).
- 6 Оцінити якість зварених стиків за зовнішнім виглядом й випробувати зварені стики на кут загину.

## ***В Виявлення впливу окремих параметрів режиму стикового зварювання на міцність звареного з'єднання***

- 1 Підготувати таблицю для записів даних вимірів і спостережень (див. табл. 2.10).
- 2 Для даної площі поперечного перерізу заготовок підібрати за таблицями режим зварювання й настроїти машину.
- 3 Зварити встик методом оплавлення три пари заготовок.
- 4 Визначити якість зварених стиків за зовнішнім виглядом й на загин і переконатися в правильності встановленого режиму.
- 5 Повторити зварювання інших заготовок, змінюючи при цьому в один й інший бік один з параметрів режиму: а) зварювальний струм (за допомогою перемикача щаблів потужності); б) швидкість оплавлення; в) швидкість осадження; г) тиск осадження.
- 6 Оцінити якість зварених стиків за зовнішнім виглядом, на загин і виявити вплив кожного параметра режиму зварювання на міцність стиків.

## ***Контрольні питання***

- 1 Назвіть основні способи стикового зварювання.
- 2 Опишіть техніку ведення зварювання опором та безперервним оплавленням.
- 3 Як виконується підігрів деталей при зварюванні оплавленням з попереднім підігрівом?

## 2.3 Звіт про лабораторну роботу №2

### *Ознайомлення з технологією стикового зварювання й визначення впливу параметрів режиму зварювання на міцність з'єднання*

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання роботи \_\_\_\_\_

#### *А Практичне ознайомлення з технологією стикового зварювання опором*

(Загальний вид стику, звареного опором)

Таблиця 2.8 – Для записів даних вимірів і спостережень

Метал заготовки		Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>	Щабель потужності	Відстань між електродами, мм		Установочна довжина заготовки, мм		Величина осадження, мм	Результати випробувань
Лівої	Правої			Лівим	Правим	До зварювання	Після зварювання		

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

#### **Б Практичне ознайомлення з технологією стикового зварювання оплавленням**

(Загальний вид стику, звареного оплавленням)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Таблиця 2.9 – Для записів даних вимірів і спостережень

Метал заготовки	Площа поперечного перерізу, мм <sup>2</sup>	Щабель потужності	Увімкнення струму	Результати випробувань
			Після початку осадження	
			До початку осадження	

**В Виявлення впливу окремих параметрів режиму стикового зварювання на міцність звареного з'єднання**

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_

*Таблиця 2.10 – Для записів даних вимірів і спостережень*

Площа поперечного перерізу	Характер режиму	Щабель потужності	Швидкість оплавлення, мм/с	Швидкість осадження, мм/с	Зусилля осадження, Н (кг)	Результати випробувань
	Нормальний					
	Зі зменшенням одного з параметрів					
	Зі збільшенням одного з параметрів					

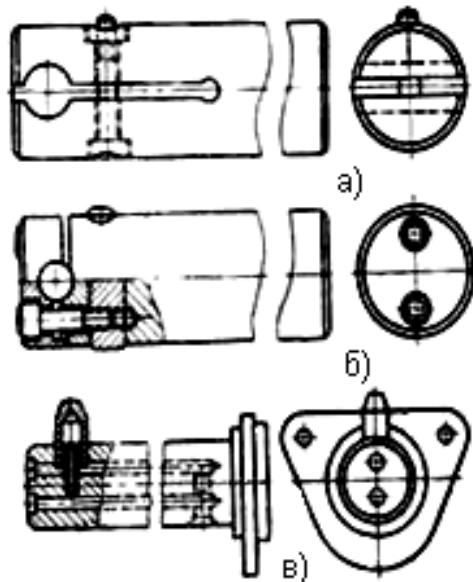
## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ КОНТАКТНИХ ТОЧКОВИХ МАШИН І ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОГО ОПОРУ ВТОРИННОГО КОНТУРУ

#### 3.1 Загальні відомості

Основні вузли точкових машин для контактного зварювання: станина (корпус), зварювальний трансформатор з перемикачем щаблів потужності; елементи вторинного контуру (хоботи, електродотримачі, електроди); механізм стиску; електричний пристрій, що вмикає й вимикає пристрої; пневматична схема з елементами пневмоапаратури; система водяного охолодження.

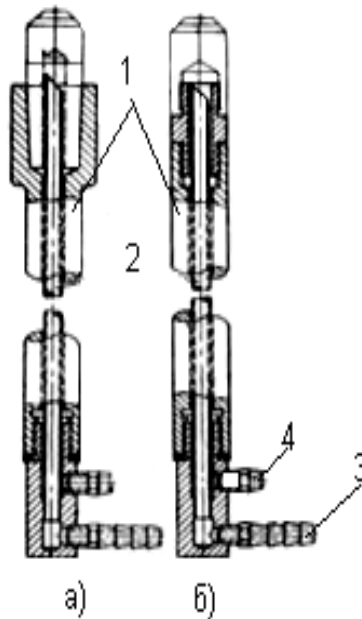
Для зручності вивчення точкових машин розглянемо докладніше пристрій кожного вузла, з яких комплектується машина. Станина виконується литою або звареною. У машинах із пневматичним приводом механізму стиску станину зварюють із труб, які одночасно служать ресиверами (резервуарами) для стисненого повітря. Зварювальний трансформатор для точкової машини нічим не відрізняється від трансформатора для стикових машин, пристрій якого розглянуто в лабораторній роботі №1. Хоботи (рукава, консолі або плечі) служать для підведення струму від вторинної обмотки трансформатора й передачі зусилля від механізму стиску безпосередньо до електродів (рис. 3.1). Хоботи виготовляють із міді або бронзи.



*а – хобот із гніздом під електродотримач;  
б – хобот зі з'ємною колодкою; в – хобот з електродом*

*Рисунок 3.1 – Конструкції хоботів точкових машин*

Електродотримачі – це проміжна ланка між хоботом й електродом. Залежно від способу закріплення електродів вони бувають двох основних типів: із кріпленням електрода на конусі (рис. 3.2, а); із кріпленням електрода на різьбленні (рис. 3.2, б).

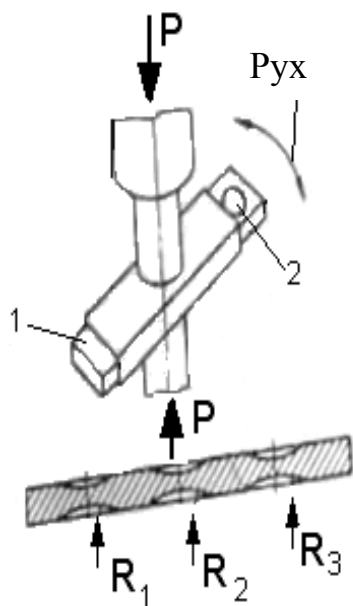


*Рисунок 3.2 – Типи електродотримачів точкових машин*

Конструктивно електродотримач є мідною або латунною трубкою 1 діаметром 20-40 мм із внутрішнім каналом діаметром 14-18 мм. Усередині каналу проходить водопідвідна трубка 2, пов'язана з водопроводом через ніпель 3. Відпрацьована (нагріта) вода повертається по зазору між водопідвідною трубкою й корпусом електродотримача й через ніпель 4 витікає в каналізацію. У деяких конструкціях машин електродотримачі відсутні. У цих випадках електроди встановлюються безпосередньо в хоботі (рис. 3.1, в). Електроди є робочим інструментом точкової машини. Вони підводять електричний струм безпосередньо до деталей, що зварюють.

Для виготовлення електродів застосовується холоднокатана нагартowana мідь або спеціальні мідні сплави, що мають велику твердість й високу тепло- й електропровідність, наприклад: хромоцинкова бронза (сплав ЕВ), хромотитанова бронза (сплав Бр. ХТ 0,6-0,1) і ін.

Для охолодження електродів проточною водою усередині них просвердлюють канали. У процесі зварювання робоча частина електрода зминається й забруднюється. Для зачищення електродів застосовують різні пристосування. Одне з найбільш простих пристосувань показане на рис. 3.3. Це пластинка із двосторонніми поглибленнями за формою робочої поверхні електродів, що обертають наждаковим папером і затискають між електродами. Повертаючи пластинку навколо осі електродів, зачищають його поверхню. Пневматичні пристосування для зачищення показані на рис. 3.4 та 3.5.



1 – наждаковий папір; 2 – поглиблення

Рисунок 3.3 – Пристосування для ручного зачищення електродів

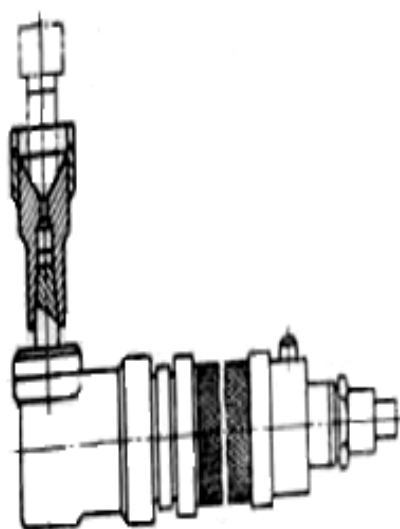


Рисунок 3.4 – Кутова пневматична машина для зачищення електродів

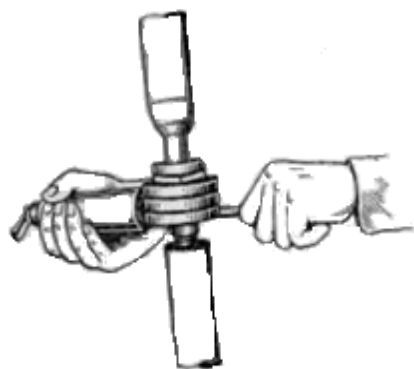
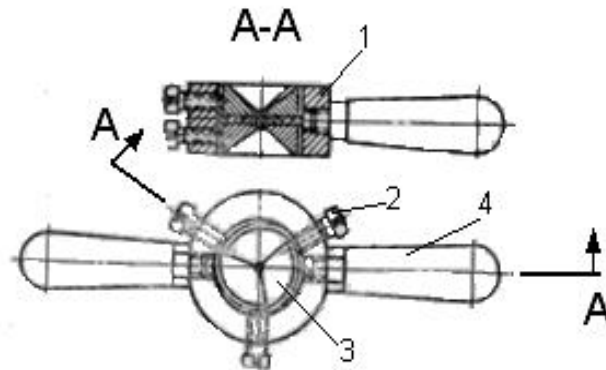


Рисунок 3.5 – Пневматична головка ГЗП-1 для зачищення електродів

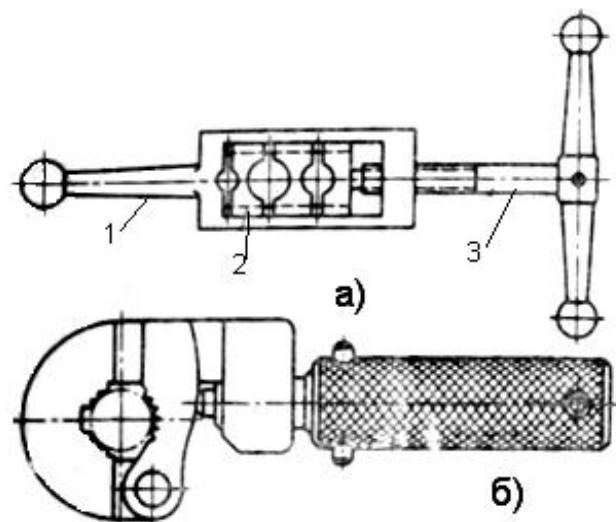


Для відновлення первісної форми електродів здійснюють їхнє заправлення. Для цього застосовують або напилки із дрібною насічкою, або спеціальні заправники (рис. 3.6). Для швидкої зміни електроди іноді виготовляють із лисками під ключ. Якщо лисок на електроді немає, рекомендується застосовувати спеціальні знімачі (рис. 3.7).



*1 – корпус; 2 – гвинти; 3 – різці; 4 – ручка*

*Рисунок 3.6 – Ручний заправник електродів*



*а – для трьох діаметрів електродів; б – універсальний;*

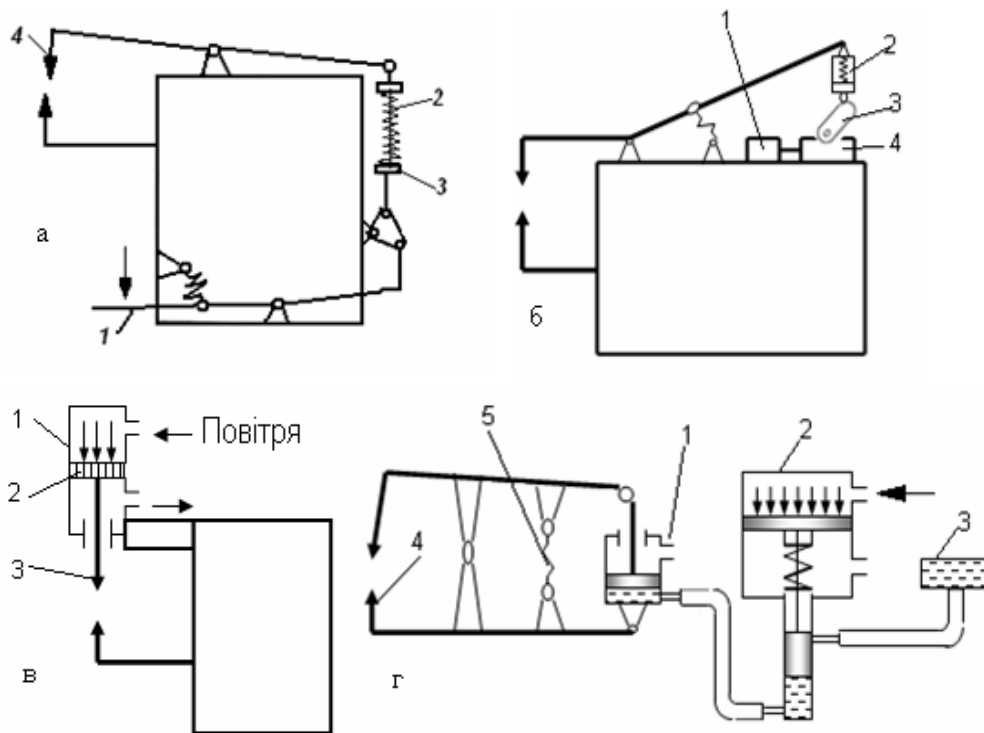
*1 – корпус; 2 – плашки; 3 – затискний гвинт*

*Рисунок 3.7 – Знімачі електродів точкових машин*

Механізм стиску (педальний, електромеханічний, пневматичний, пневмогідравлічний та ін.) обирають залежно від потужності машини.

Педальний привід механізму стиску (рис. 3.8, а) застосовується в машинах малої потужності. Тиск від педалі 1 на електроди 4 передається за допомогою системи важелів і буферної пружини 2. Тиск регулюють попереднім натягом пружини гайкою 3.

Електромеханічний привід механізму стиску (рис. 3.8, б) застосовується в машинах середньої потужності звичайно для зварювання сталей.



1 – педаль; 2 – буферна пружина; 3 – гайка; 4 – електроди; 5 – пружина

Рисунок 3.8 – Схеми механізмів стиску точкових машин

У цьому випадку електродвигун 1 через редуктор 4 приводить в обертання кулачок 3 осадження, що, натискаючи на буферну пружину 2, забезпечує тиск між електродами. Тиск регулюється пружиною.

Пневматичний привід механізму (рис. 3.8, в) застосовується в машинах середньої й великої потужності для зварювання сталей і кольорових металів. При цьому стиснене повітря, що подається у верхню частину циліндра, давить на поршень 2 й опускає електрод 3. Для підняття електрода повітря подається в нижню частину циліндра.

Тиск на електродах регулюють зміною тиску стисненого повітря за допомогою повітряного редуктора.

Пневмогідравлічний привід механізму стиску (рис. 3.8, г) звичайно застосовується у зварювальних кліщах. У цьому випадку тиск на електродах 4 утворюється за допомогою пневматичного циліндра 2 та гідравлічного циліндра 1. Для заповнення обсягу масла, що зменшується в процесі його витoku, у системі встановлюють маслоскопичувач 3.

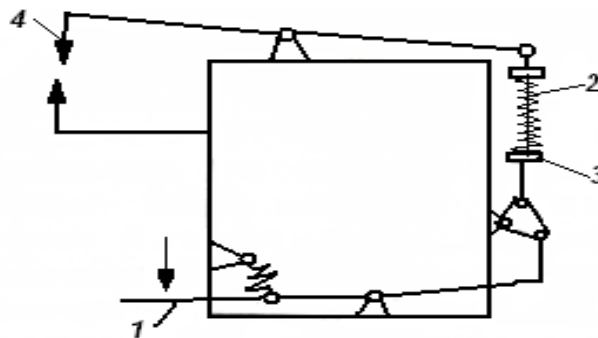
Розтискаються електроди після зняття тиску зворотною пружиною 5. Перемикаючі пристрої дозволяють вмикати й вимикати зварювальний струм. Для цього застосовуються прості механічні вимикачі, електромагнітні контактори, тиристорні контактори й лампові прилади. Механічні вимикачі, як правило, застосовуються в машинах малої потужності. Тривалість витримки деталей під струмом при цьому залежить від тривалості натискання на педаль або від ступеня розкриття пелюстків ексцентрика.

Система водяного охолодження призначена для охолодження в процесі зварювання всіх струмоведучих частин точкових машин. Охолоджуються звичайно вторинний виток трансформатора, хоботи, електродотримачі й електроди. При цьому вода з водопроводу направляється по декількох паралельних контурах. Особливу увагу варто приділяти охолодженню електродів. Усередині електродотримача просвердлений канал, у який вставлена латунна або мідна водопідвідна трубка, по якій вода надходить безпосередньо до електрода. Косий зріз на кінці трубки попереджає припинення циркуляції води, якщо трубка упреться в торець каналу, просвердленого в електроді. Зварювати без водопідвідної трубки не можна, тому що в цьому випадку в каналі електрода створюється парова сорочка, що припиняє доступ охолодної води. Таке ж явище спостерігається у випадку застосування занадто короткої трубки.

У машинах малої потужності іноді використовується природне повітряне охолодження.

### *Машини з педальним приводом*

Прикладом такої машини є машина МТ-604. Кінематична схема такого приводу наведена на рис. 3.9. Інші рисунки по машині МТ-604 наведені в загальних методичних рекомендаціях із проведення робіт.

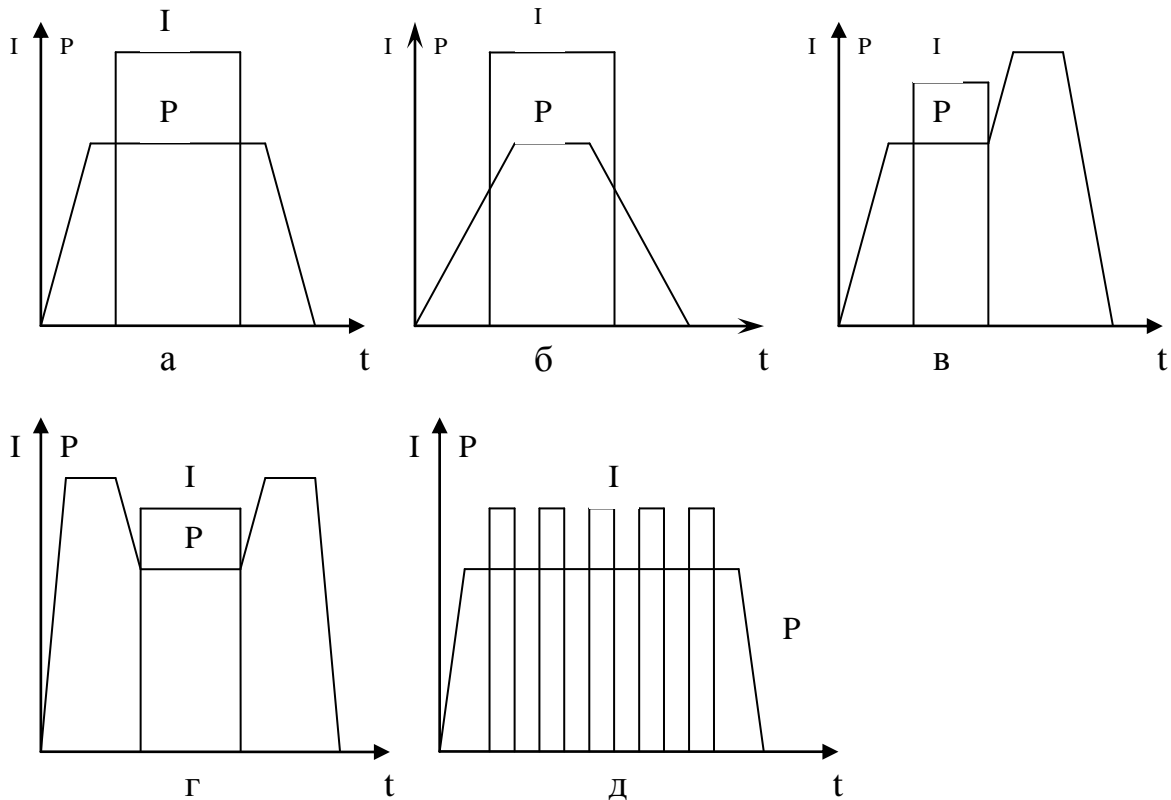


*1 – педаль; 2 – буферна пружина; 3 – гайка; 4 – електроди*

*Рисунок 3.9 – Схема механізму стиску*

Машина МТ-604 працює в такий спосіб. При натисканні на педаль 1 важеля зі штоком повертається сектор навколо осі, у результаті чого верхній електрод 4 опускається й здавлює деталі, що зварюють. При подальшому натисканні на педаль пружина 2 стискається й тиск між електродами збільшується. Зусилля стиску електродів залежить від ступеня стиску пружини й не перевищує звичайно 2 кН. Попередній стиск пружини задається гайкою 3. Команда на увімкнення зварювального струму надходить від кінцевого вимикача після спрацювання приводу й стиску пружини на задану величину.

Повернення всієї системи у вихідний стан здійснюється зворотною пружиною. Недоліком подібних приводів є необхідність витрат зварником фізичних зусиль, а також зміна зусилля затиснення в міру зношування електродів. Така система взаємодії механізму стиску з механізмом увімкнення забезпечує цикл зварювання з постійним тиском (рис. 3.10, а).



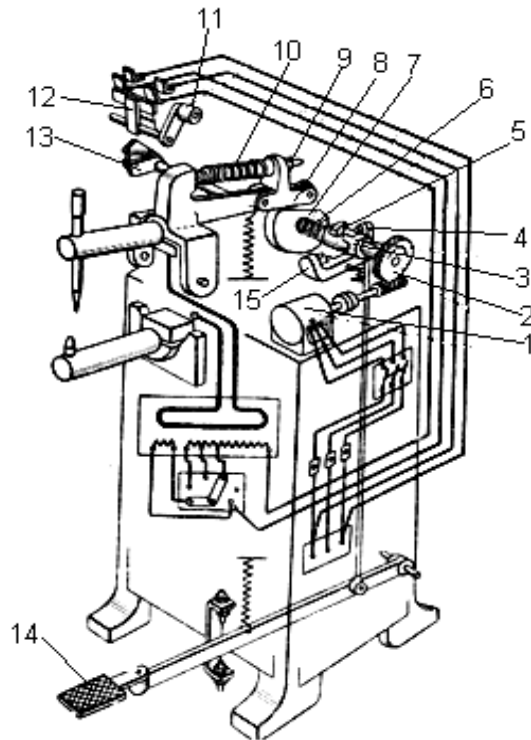
*а – з постійним тиском; б – з увімкненням й вимкненням струму при неповному тиску; в – з кувальним тиском; г – з попереднім стиском й кувальним тиском; д – пульсуюче зварювання; I – струм; P – зусилля на електродах; t – тривалість зварювання*

*Рисунок 3.10 – Діаграми циклів точкового зварювання*

### **Машини з електромеханічним приводом**

Приводи такого типу працюють за таким принципом (рис. 3.11). Електродвигун 1 через черв'ячний редуктор 2 постійно обертає вал, на якому насаджена одна половина зубчастої муфти зчеплення 3. Друга половина муфти пальцем 4 важеля 15 утримується в нерухомому положенні. При натисканні на педаль 14 важіль повертається й відводить палець назад, у результаті чого під дією пружини 6 обидві напівмуфти зчіплюються. При цьому починає обертатися кулачковий вал, на який насаджені ексцентриковий кулачок тиску 7 і струмові кулачки 13. При повороті цього вала на півоберт кулачок тиску натискає на ролик коромисла 8 і через пружину 10 створює

тиск на електродах. Слідом за стиском електродів кулачок струму наскакує на ролик 11 і вмикає струмові контакти механічного вимикача 12. За другий півоберт кулачкового вала струм вимикається й електроди розходяться.



*Рисунок 3.11 – Електрокінематична схема машини з електромеханічним приводом*

При необхідності зварити кілька точок педаль варто тримати натиснутою. Цикл зварювання при цьому повторюється. Переміщати деталі можна між окремими циклами при розведених електродах. Такий режим роботи називається автоматичним. Для зупинки машини необхідно відпустити педаль. При цьому насадка 5 наскочить на палець 4 й відведе напівмуфту вліво.

Обертання кулачкового вала припиниться. Для зварювання тільки однієї точки варто нажати на педаль і швидко її відпустити.

У цьому випадку кулачковий вал зробить тільки один оберт. Зусилля стиску регулюють попереднім натягом пружини гайкою 9, а тривалість увімкнення струму – попереднім розведенням струмових кулачків. Машини з електромоторним механізмом стиску забезпечують цикл зварювання з постійним тиском.

### ***Машини із пневматичним приводом***

У більшості сучасних машин застосовується пневматичний привід електродів різних схем виконання (як з радіальним ходом електрода, так і з прямолінійним). На рис. 3.12 представлені різні конструювання машин із пневматичним приводом і радіальним ходом електрода.

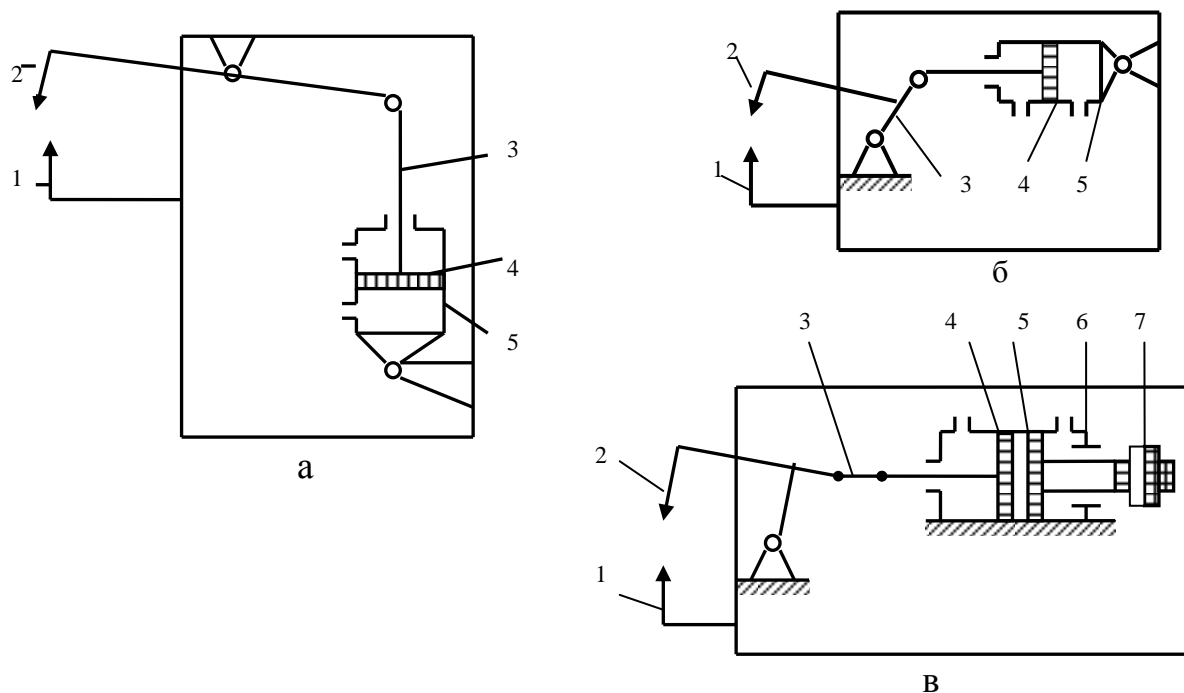


Рисунок 3.12 – Приводи стиску електродів у радіальних точкових машинах

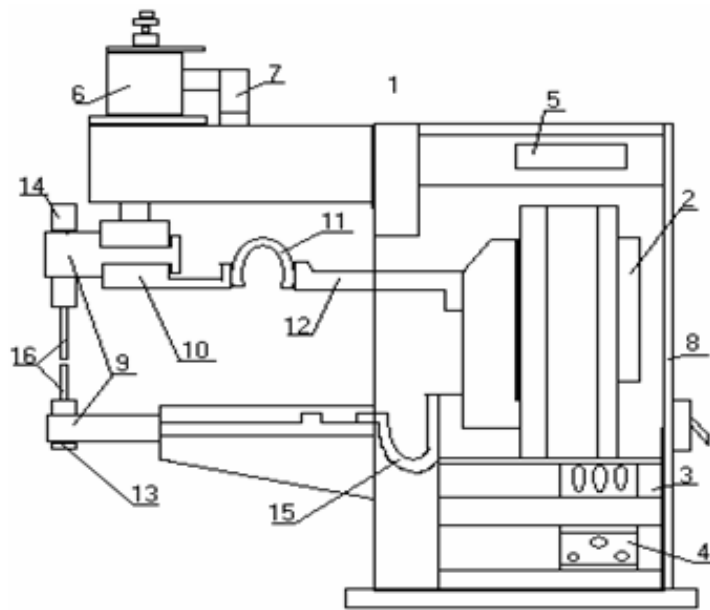
При подачі стисненого повітря в нижню камеру пневмоциліндра 5 поршень 4 разом зі штоком 3 переміщується вгору до зустрічі електродів 1 і 2 між собою (рис. 3.12, а). Під час робочого ходу поршня верхня камера пневматичного циліндра з'єднується з атмосферою. При подачі повітря до верхньої камери циліндра й з'єднанні робочої камери з атмосферою поршень зі штоком опускаються, а верхній електрод піднімається.

Пневматичний циліндр 5 може розташовуватися у верхній частині корпусу машини, над зварювальним трансформатором (рис. 3.12, б), тоді зусилля стиску між електродом 1 й 2 досягається при подачі стисненого повітря в праву камеру пневматичного циліндра й русі поршня 4 зі штоком 3 вліво.

Для забезпечення додаткового ходу зварювального електрода застосовується пневматичний циліндр із двома поршнями, що утворюють три камери (рис. 3.12, в). При подачі стисненого повітря мережного тиску в крайню праву камеру поршень 5 переміщується вліво й служить обмежником ходу поршня 4. Ліва й середня камери циліндра 6 є робочими порожнинами. У них подається редуцьоване стиснене повітря, що забезпечує робочий хід електрода й зусилля стиску. Якщо випустити стиснене повітря із крайньої правої камери в атмосферу, то під впливом стисненого повітря в лівій камері поршень 4, а потім й поршень 5 перемістяться вправо до упору в кришку пневматичного циліндра. При цьому поршень 4 через сергу 3 підніме електрод 2 на значно більшу відстань, тобто додасть йому додатковий хід. Величина додаткового ходу електрода визначається положенням поршня 5 і регулюється за допомогою гайок 7. Зварювання здійснюється

при увімкненні струму після стиску електродів. Після вимикання струму зварюють деталі, що перебувають якийсь час під тиском, що необхідно для завершення кристалізації розплавленого металу у звареній точці.

Машина із пневматичним приводом і прямолінійним ходом електрода (типу МТП) представлена на рис. 3.13. Вона складається зі станини 1, зварювального трансформатора 2, перемикача щаблів 3, контактора тиристорного 4, регулятора контактного зварювання 5, струмопідводів – верхнього й нижнього, приводу пневматичного 6 з пневмоапаратурою 7. На задній стінці корпусу встановлений автоматичний вимикач 8. Машина забезпечена педальною кнопкою.



*Рисунок 3.13 – Точкова машина з пневматичним приводом та вертикальним ходом електрода*

Корпус є звареною каркасною конструкцією і основною несучою конструкцією машини. Струмопідвід верхній складається з хобота 9, кришки 10, гнучкої шини 11 і контактної косинця 12. Струмопідвід верхній електрично ізолюваний від корпусу машини.

Струмопідвід нижній складається з хобота 9, кронштейна 13, кришки 14 і шини 15. У гнізда хоботів встановлюються електродотримачі 16 з електродом.

Зварювальний трансформатор і струмопідводи мають систему водного охолодження.

#### *Привід пневматичний і пневмоапаратура*

Система живлення стисненим повітрям приводу пневматичного складається із клапана електропневматичного 2, маслорозподільвача 3, регулятора тиску з манометром 4, клапанів дроселюючих 5 і крана керування 6 (рис. 3.14.).

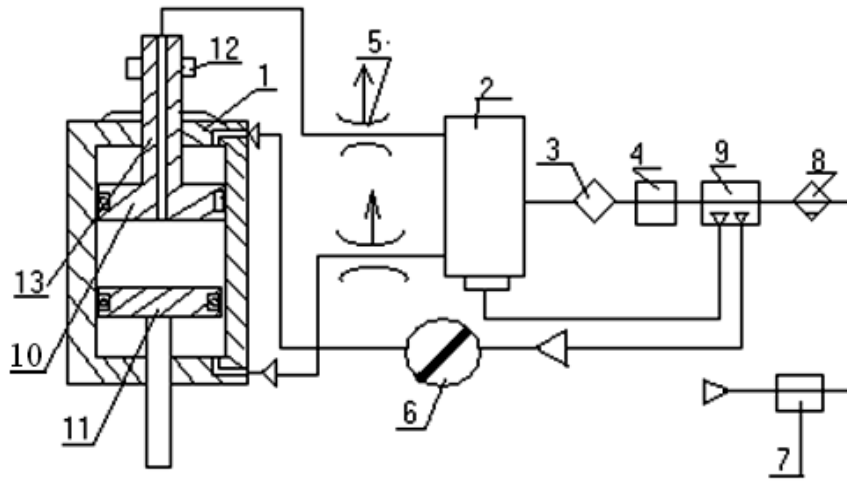


Рисунок 3.14 – Пневматична схема машини точкового типу МТП

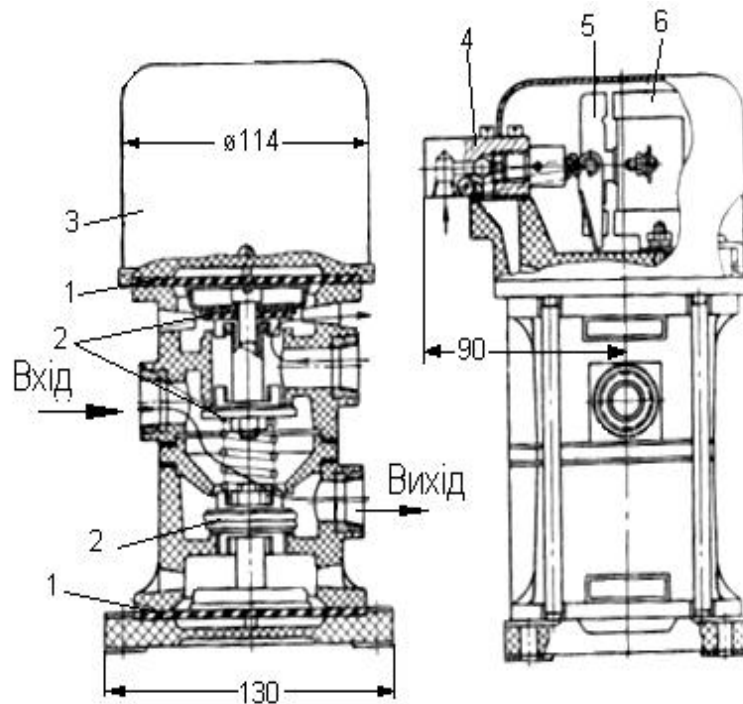
Стиснене повітря з мережі надходить через запірний вентиль 7, фільтр 8 і розподільник 9. По одній гілці розподільника стиснене повітря проходить через кран керування у верхню камеру пневмоциліндра 1. У другій гілці через регулятор тиску, маслорозподільювач і клапан електропневматичний повітря надходить до середньої або нижньої камери циліндра й забезпечує роботу приводу пневматичного. Пневмоциліндр містить 2 поршні: верхній 10 і нижній 11. Ці поршні утворюють у циліндрі 3 камери. При подачі стисненого повітря до середньої камери нижній поршень разом з верхньою електродною частиною робить робочий хід – рух вниз. При подачі стисненого повітря до нижньої камери нижній поршень повертається у вихідне положення. Положення верхнього поршня в циліндрі встановлюється регулювальною гайкою 12, нагвинченою на різьбовий кінець штока 13 верхнього поршня 10, що опирається на верхню кришку циліндра. Стиснене повітря під мережним тиском, що перебуває у верхній камері циліндра, утримує поршень у цьому положенні. При випуску стисненого повітря з верхньої камери поворотом рукоятки крана керування нижній поршень здійснює додатковий підйом. Такий пристрій приводу забезпечує безступінчасте керування величиною робочого ходу, а також можливість зварювання виробів з виступами, які вимагають періодичного збільшення ходу верхнього електрода.

Електромагнітний пневматичний клапан типу КПЕМ (рис. 3.15) призначений для впуску в камери й випуску з них стисненого повітря. Корпус клапана має три прохідних отвори для впуску робочого повітря й дві групи вихлопних отворів для випуску відпрацьованого повітря в атмосферу.

У верхній частині корпусу встановлені електромагніт і кульковий розподільний клапан, які регулюють подачу повітря до камери пневматичного циліндра для переміщення верхнього електрода.

Роботою електромагніта управляє регулятор циклу контактного зварювання РКС – 601 (801), за допомогою якого можна настроїти цикл зварювання (рис. 3.10).

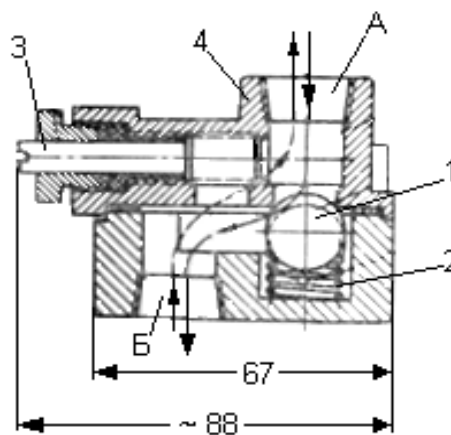




*1 – мембрани; 2 – клапани; 3 – кожух; 4 – шариковий розподілюючий клапан; 5 – якір електромагніта; 6 – електромагніт*

*Рисунок 3.15 – Електромагнітний пневматичний клапан*

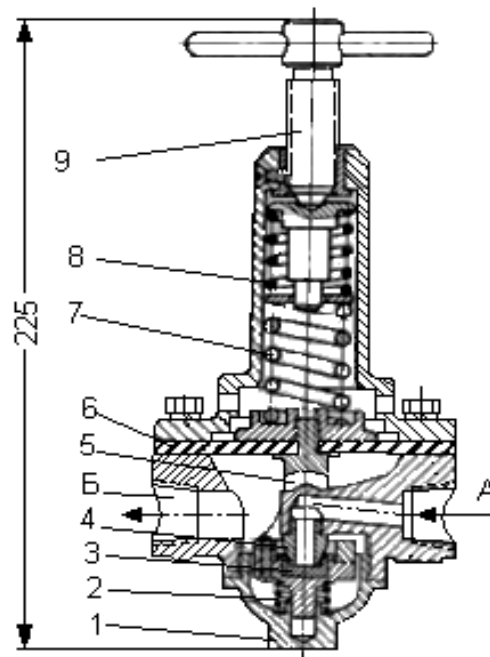
Клапани дроселюючі (рис. 3.16) призначені для покращення ударів при стиску й поверненні електрода у вихідне положення.



*Рисунок 3.16 – Дроселюючий клапан*

Безударна робота машини досягається зміною перетину прохідного отвору між каналами А и Б дроселюючого клапана, регульованого гвинтом 3 у зворотному напрямку руху повітря, і кулькою 1 підтиснутою пружиною 2 у прямому напрямку.

Повітряний редуктор (рис. 3.17) служить для регулювання й підтримки тиску стисненого повітря постійним, незалежно від зміни його в повітряній мережі.



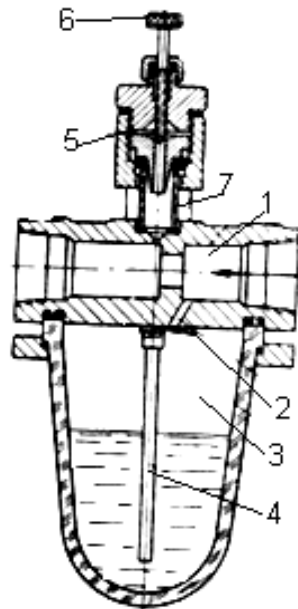
*Рисунок 3.17 – Повітряний редуктор*

Стиснене повітря надходить до редуктора через канал високого тиску А й після редукування (зменшення тиску) направляється через канал низького тиску Б до елементів пневматичної системи машини.

Процес редукування відбувається в такий спосіб. Гумовий клапан 3 під дією підпірної пружини 2, що опирається на кришку 1, щільно притискається до сопла 4 і припиняє з'єднання каналу високого тиску А з каналом низького тиску Б. При вкручуванні регулювального гвинта 9 регулювальні пружини 7 й 8 стискаються й передають тиск через гумову мембрану 6 на хомутик 5, що відкриває клапан 3 і пропускає повітря з каналу А до каналу Б. В останньому повітря розширюється й тиск його падає до встановленого робочого.

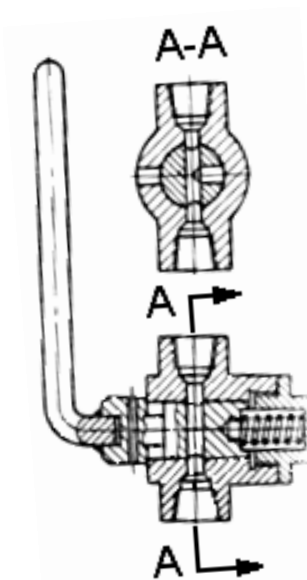
При зміні тиску в пневматичних елементах машини буде також змінюватися тиск, що діє на мембрану, і відповідно до цього буде відкриватися доступ стисненому повітрю з каналу А до каналу Б. Це забезпечує підтримку постійного робочого тиску стисненого повітря.

Лубрикатор (рис. 3.18) призначений для змащення манжет пневматичного циліндра й тертьових частин пневматичного каналу. При роботі машини стиснене повітря проходить через канал 1 і по трубці 2 потрапляє до камери 3 лубрикатора. Створюваний у цій камері тиск змушує масло підніматися по трубці 4 до камери клапана 5 та з неї окремими краплями стікати до каналу 1. Під дією стисненого повітря окремі краплі масла розполюються й разом з повітрям надходять до відповідних елементів машини. Кількість масла, що подається, регулюється гвинтом 6. Спостереження ведеться через прозору втулку. 7. Маслорозподільувач подає змащення на ущільнювальні кільця приводу зварювального тиску.



*Рисунок 3.18 – Лубрикатор*

Ручний триходовий кран (рис. 3.19) служить для перемикавання подачі повітря у двох напрямках. В одному положенні ручки крана повітря подається з мережі до пневмоциліндра, а при повороті її на  $\frac{1}{4}$  оберту (зазвичай при закінченні роботи на машині) повітря виходить із верхньої камери циліндра назовні.



*Рисунок 3.19 – Ручний трьохходовий кран*

Первинний струм зварювального трансформатора вмикається й вимикається за допомогою тиристорного контактора. Увімкнення й вимкнення контактора забезпечується за допомогою регулятора циклу зварювання РКС-601 (801).

Спрощена принципова електрична схема точкових машин серії МТП наведена на рис. 3.20.

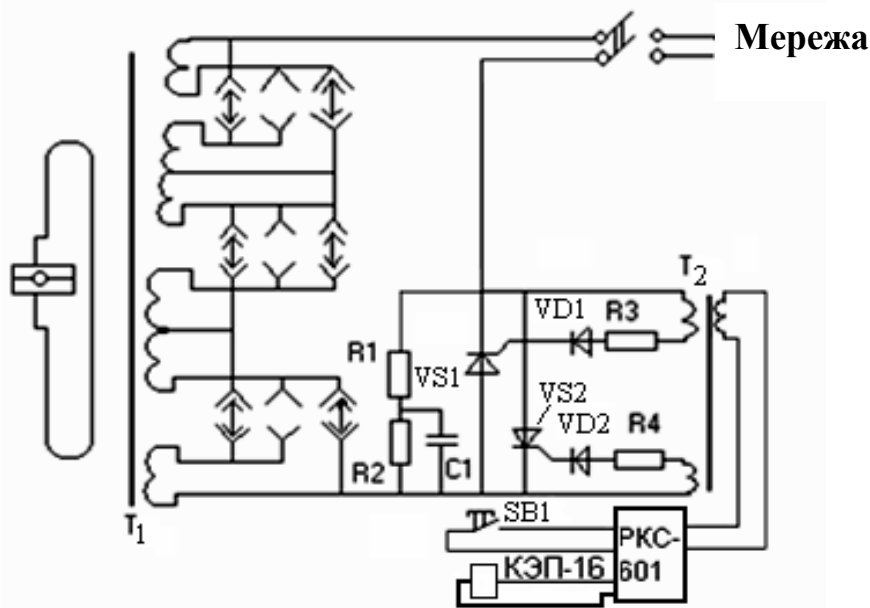


Рисунок 3.20 – Принципова електрична схема точкової машини серії МТП

Електрична схема машини (рис. 3.20) містить зварювальний трансформатор  $T_1$ , клапан електропневматичний КЕП-16, контактор тиристорний КТ-07, регулятор контактного зварювання РКС-601, автоматичний вимикач.

У циклі зварювання передбачені такі регульовані витримки часу:

- 1) «стиск» – проміжок часу, необхідний для затиснення деталей між електродами до увімкнення зварювального струму;
- 2) «зварювання» – проміжок часу, протягом якого струм проходить через деталі, що зварюють;
- 3) «проковування» – проміжок часу, протягом якого підтримується тиск, прикладений до деталей безпосередньо після зварювання;
- 4) «пауза» – проміжок часу, протягом якого при автоматичній роботі машини електроди залишаються розімкнутими.

Зварювальний цикл починається після замикання педальної кнопки  $SB_1$ . При цьому спрацьовує клапан електропневматичний і перемикає подачу стисненого повітря з нижньої камери пневмоциліндра до середньої, верхній електрод опускається й стискає деталі, розміщені між електродами машини.

Регулятор контактного зварювання забезпечує витримку інтервалів часу “попередній стиск” й “стиск”, установлених за допомогою перемикачів на лицьовій панелі регулятора. Після цього вмикається тиристорний контактор і починається відлік часу “зварювання”. Керування тиристорами  $VS_1$  й  $VS_2$  здійснюється імпульсами, які надходять від регулятора контактного зварювання через трансформатор  $T_2$  на керуючі електроди тиристорів.

Резистори  $R_3$  й  $R_4$  обмежують струм керуючих імпульсів. Тиристори  $VS_1$  й  $VS_2$  увімкнені паралельно, що забезпечує протікання через зварювальний трансформатор  $T_2$  змінних струмів.

Ланцюг  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C_1$  призначений для обмеження швидкості наростання напруги на тиристорах під час комутації й зниження імпульсних перенапруг.

Величина зварювального струму змінюється східчасто за допомогою ножового перемикача щаблів. При установці ножів у різні положення змінюється сумарне число витків первинної обмотки трансформатора, а виходить, і вторинна напруга холостого ходу. У межах щабля можливе також плавне регулювання середнього значення струму зварювання шляхом зміни кута відкриття тиристорів, що задається регулятором "нагрівання" на передній панелі РКС 601. Регулятор контактного зварювання забезпечує також плавне наростання струму на початку зварювального імпульсу, що задається регулятором "наростання". Регулятор контактного зварювання дозволяє здійснювати зварювання як одним імпульсом, так і декількома (від 1 до 9), які чергуються з паузами на охолодження. Кількість імпульсів задається перемикачем "група імпульсів". По закінченні часу зварювання трансформатор вимикається (припиняється подача керуючих імпульсів на тиристори), а деталі втримуються під тиском без струму протягом часу, заданого перемикачем "проковування", після чого клапан електропневматичний перемикає подачу повітря із середньої камери до нижньої. Верхній електрод переміщується нагору й деталі, які зварюються, звільняються. Якщо вимикач режиму роботи на передній панелі РКС-601 перебуває в положенні "автоматичний режим", то при натиснутій педалі, після відліку витримки часу "пауза", цикли зварювання будуть повторюватися, але без відліку витримки часу "попередній стиск".

Зусилля стиску електродів визначається зі співвідношення:

$$F = PS,$$

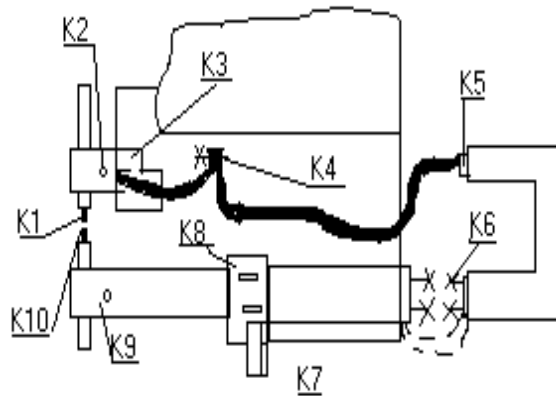
де  $P$  – тиск повітря, що встановлюється регулятором тиску;

$S$  – площа поршня ( $S = 120 \text{ см}^2$ ).

### ***Визначення активного опору вторинного контуру машини***

На втрату електроенергії в машині, а отже, на роботу контактних машин великий вплив має стан перехідних контактів у вторинному ланцюзі. Поверхня рознімних з'єднань вторинного контуру з часом окислюється й опір їх збільшується. Оскільки опір самих струмоведучих частин вторинного контуру (вторинного витка, хоботів, електродотримачів і т.д.) невеликий, то збільшення опору рознімних з'єднань значно знижує зварювальний струм і корисну потужність машини.

Схема вторинного контуру наведена на рис. 3.21. Сумарний опір вторинного контуру деяких контактних машин з добре зачищеними контактами наведений у табл. 3.1.



$K_1 - K_{10}$  – контакти

Рисунок 3.21 – Вторинний контур машини

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика точкових машин

Параметр	Одиниці	MT-604	MT-1201	MT-4021	MT-2401
1	2	3	4	5	6
Максимальний вторинний струм короткого замикання	кА	10	12	40	24
Номінальний тривалий вторинний струм	кА	17	24	12,5	5
Номінальний тривалий первинний струм	А	2,8	2,9	—	84
Номінальна первинна напруга	В	220/380	220/380	220/380	220/380
Найбільша споживана потужність при короткому замиканні	кВ·А	28,5	35	420	140
Номінальна потужність	кВ·А	14,8	15	150	82
Число щаблів регулювання вторинної напруги	—	4	4	6	4
Межі регулювання вторинної напруги	В	1,62 – 2,66	1,48 – 2,96	—	3,15 – 6,29
Робочий хід електродів	мм	20	20	5...30...30	30
Виліт електрода:					
найменший	мм	225	200	150	350
номінальний	мм	250	250	500	500
найбільший	мм	275	650	700	1200

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6
Розчин електродів:					
найменший	мм	150	130	150	180
номінальний	мм	150	150	220	180
найбільший	мм	250	325	300	450
Коефіцієнт потужності при короткому замиканні при номінальних вильоті й розчині	—	0,5	0,5	0,5	0,4
Зусилля стиску електродів:					
найменше	кН	0,4	0,5	1	1,3
номінальне	кН	2	2,5	16	6,3
максимальне	кН	2	2,5	19	0,5
Зварювані товщини деталей з низьковуглецевої сталі:	мм	Від 0,2+0,2	Від 0,2 + 0,2	Від 0,5 + 0,5	Від 0,5 + 0,5
на твердих режимах	мм	До 0,8+0,8	До 0,8+0,8	До 5,0 + 5,0	До 2,5 + 2,5
на м'яких режимах	мм	До 2+2	До 3+3	До 8,0 + 8,0	До 6 + 6
Максимальна короткочасна продуктивність	зв/ч	180	320	176	220
Витрата охолодної води	л/ч	150	60	550	310
Габаритні розміри (ВхШхГ):					
висота	мм	1237	1200	2450	1255
ширина	мм	452	430	560	450
глибина	мм	833	950	1600	1315
Маса	кг	200	165	1100	410

При експлуатації машин варто періодично заміряти опір всіх перехідних контактів і при необхідності зачищати їх. Опір вторинного контуру можна вимірювати двома методами: 1) амперметром і вольтметром; 2) мікроомметром.

Схема виміру опору вторинного контуру методом амперметра-вольтметра наведена на рис. 3.22, а.

У цьому випадку через зварювальний контур пропускають постійний струм  $I$  від акумулятора або зварювального генератора, який заміряють амперметром А.

Падіння напруги в контурі  $U$  заміряють мілівольтметром МВ. Після вимірів, використовуючи закон Ома, визначають опір зварювального контуру за формулою:

$$R = \frac{U}{I} .$$

Мікроомметр М-246 (рис. 3.22, б) дозволяє вимірювати малі опори в межах 4 мкОм - 1 Ом. Живлення його може здійснюватися від акумуляторів або мережі змінного струму. Мікроомметр має чотири контактних наконечники, що приєднують до зачищених поверхонь електродів.

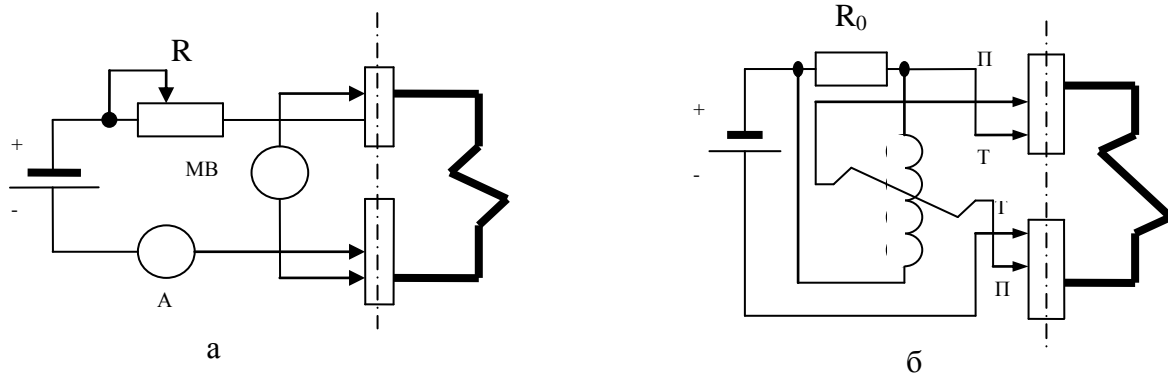


Рисунок 3.22 – Вимірювання опорів вторинного контуру

У тому випадку, коли загальний опір зварювального контуру значно перевищує нормативні дані, заміряють опір кожного контакту й знаходять місце, де він значно зріс. Варто пам'ятати, що при вимірі опору вторинного контуру або окремих ділянок електроди машини повинні бути розімкнутими.

## 3.2 Проведення роботи

### Устаткування й матеріали

- 1 Машини для точкового зварювання з різними приводами механізму стиску.
- 2 Джерело електроенергії постійного струму – зварювальний перетворювач або акумулятор ємністю 0,011 А/с (40 А/г).
- 3 Амперметр із шунтом на 50 А.
- 4 Мілівольтметр на 50 мВ.
- 5 Мікроомметр (при відсутності амперметра й мілівольтметра).
- 6 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, з інструментом і спецодягом.
- 7 Описи, креслення й необхідні довідкові матеріали.



### ***А Ознайомлення з конструкцією точкової машини***

За завданням викладача повинна бути добре вивчена одна машина з педальним, електромеханічним або пневматичним приводом механізму стиску. З машинами інших типів варто тільки ознайомитися.

1 Уважно прочитати опис точкової машини, знайти її основні вузли, усвідомити їхнє призначення й схематично замалювати загальне компонування машини.

2 Дати характеристику механізму стиску й схематично зобразити його пристрій (для пневматичних машин накреслити пневматичну схему).

3 Описати тип трансформатора, накреслити його схему й пояснити роботу перемикача щаблів потужності.

4 Замалювати схему переривника струму й описати метод його блокування з механізмом стиску.

5 Заміряти виліт електродів, накреслити їхню форму й визначити, з якого матеріалу вони виготовлені.

6 Накреслити схему водяного охолодження.

7 Скласти технічну характеристику машини.

### ***Б Визначення активного опору вторинного контуру точкової машини***

1 Накреслити ескіз вторинного контуру машини з позначенням номера кожного контакту.

2 Скласти схему включення електровимірювальних приладів й джерела постійного струму.

3 Зібрати електричну схему й показати її для перевірки викладачеві або лаборантові.

4 Підготувати таблицю для записів даних вимірів й обчислень (див. табл. 3.2).

5 Заміряти падіння напруг у контурі й у всіх контактах контуру окремо.

6 Підрахувати опори окремих елементів контуру та його загальний опір.

7 Розібрати контакт із найбільшим опором і зачистити його до металевго блиску, щільно зібрати й знову заміряти його опір. Результати вимірів й обчислень записати в таблицю.

8 Розібрати схему.

### **Контрольні питання**

1 Назвіть основні вузли точкових машин для контактного зварювання та їхнє призначення.

2 Опишіть роботу точкової машини з педальним, електромеханічним або пневматичним приводом механізму стиску.

3 Як здійснюється блокування механізму увімкнення струму з механізмом стиску?

4 Накресліть можливі цикли точкового зварювання й поясніть їх.

5 Як улаштований і працює тиристорний контактор?

6 Який вплив контактних опорів вторинного контуру на роботу точкової машини?

7 Викладіть способи визначення опору вторинного контуру.

### 3.3 Звіт про лабораторну роботу № 3

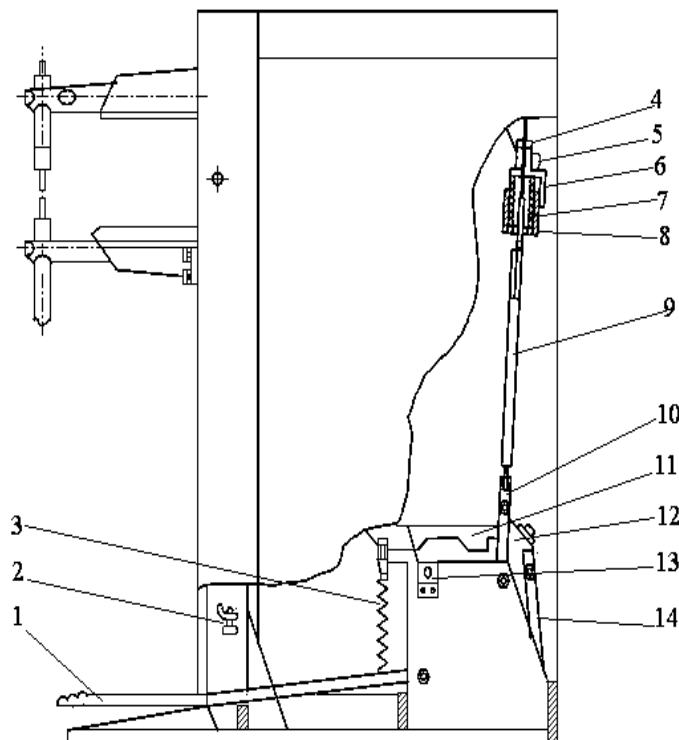
#### *Вивчення конструкцій контактних точкових машин і визначення активного опору вторинного контуру*

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання роботи \_\_\_\_\_

#### *А Ознайомлення з конструкцією точкової машини МТ-604*

Конструкція машини представлена на рис. 3.23.



1 – педаль; 2 – упор; 3 – пружина; 4 – втулка; 5 – вісь важеля; 6 – шкала;  
7 – пружина; 8 – стакан; 9 – тяга; 10 – вилка; 11 – пелюстка;  
12 – трикутний важіль; 13 – бесконтактний вимикач

Рисунок 3.23 – Точкова машина МТ-604

Технічна характеристика машини наведена в табл. 3.1.  
 (Загальна схема точкової машини з позначенням окремих вузлів)  
 (Схема механізму стиску)  
 (Схема зварювального трансформатора з перемикачем щаблів потужності)  
 (Схема виміру вильоту електродів)  
 (Схема водяного охолодження)  
 (Технічна характеристика машини)

***Б Визначення активного опору вторинного контуру точкової машини***

(Ескіз вторинного контуру)  
 (Схема включення електровимірювальних приладів)  
 Розрахунки по визначенню опорів окремих контактів і всього вторинного контуру \_\_\_\_\_  
 Висновки по роботі \_\_\_\_\_  
 Підпис студента \_\_\_\_\_  
 Висновок викладача \_\_\_\_\_

*Таблиця 3.2 – Для записів даних вимірів й обчислень*

№ контакту	Струм, А	Падіння напруги, мкВ	Опір, мкОм	Примітка

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

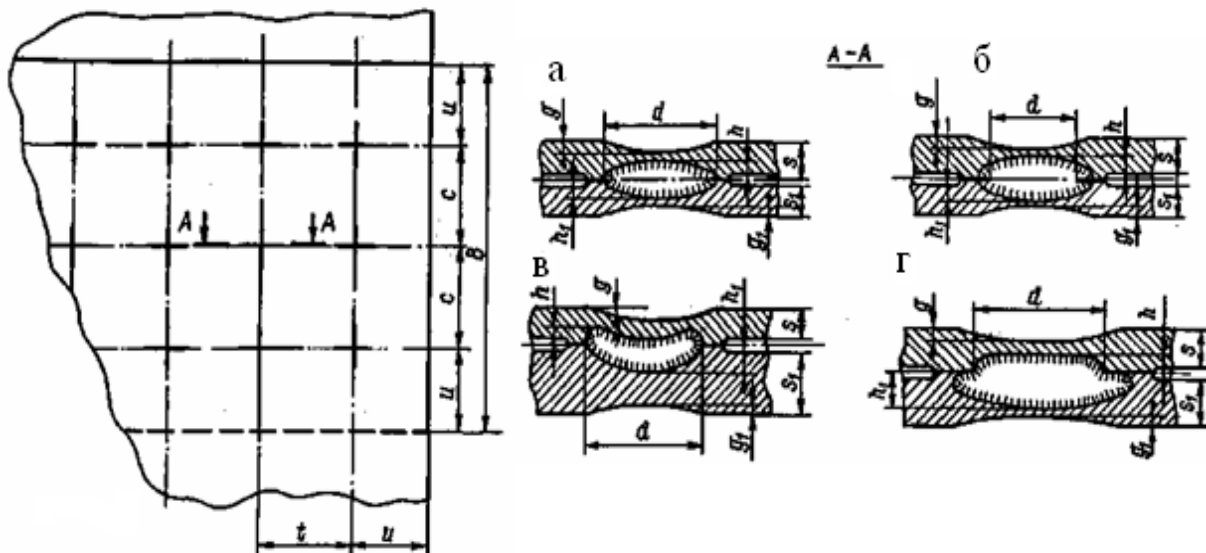
### ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ РЕЖИМУ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ НА МІЦНІСТЬ ТОЧКИ

#### 4.1 Загальні відомості

Режим точкового зварювання визначається такими основними параметрами: зусиллям стиску, діаметром контактної поверхні електрода, зварювальним струмом і його щільністю, тривалістю увімкнення струму.

Режими точкового зварювання можуть бути м'які й тверді. При м'якому режимі застосовуються невеликі струми й тиск, але тривалість увімкнення зварювального струму підвищена. Твердий режим, навпаки, характеризується більшими струмом і тиском, але малою тривалістю увімкнення струму.

У процесі зварювання між деталями утворюється лите ядро (рис. 4.1), розміри якого в основному визначають міцність звареної точки.



*а – неплакіровані метали; б – плакіровані метали; в – деталі нерівної товщини; г – різнойменні матеріали*

*Рисунок 4.1 – Конструкційні елементи зварних з'єднань, виконаних точковим зварюванням*

При зварюванні на м'яких режимах розташування й форма литого ядра визначаються головним чином умовами тепловідводу в електроди й у деталі, що зварюють. Литє ядро розташовується практично на рівній відстані від зовнішніх поверхонь деталей, у зв'язку із чим при зварюванні листів нерівної товщини воно зміщується в більш товстий аркуш.

Через більші втрати теплоти розміри зони термічного впливу й нагрівання деталей при зварюванні на м'яких режимах більші, ніж на твердих.

При зварюванні на твердих режимах розташування й форма литого ядра визначаються переважно розподілом щільності струму в деталях і мало залежать від умов тепловідводу. Лите ядро розміщується симетрично щодо площини з'єднання деталей, що особливо важливо при зварюванні деталей різної товщини. Втрати теплоти на нагрівання деталей, а отже, вм'ятини на їхній поверхні й зношування електродів менші, ніж при зварюванні на м'яких режимах. Однак через більшу небезпеку виплесків тверді режими вимагають підвищених  $F_{св}$ , що обмежує їхнє застосування при зварюванні у важкодоступних місцях і вимагає використання фігурних електродів.

М'які режими звичайно застосовуються при зварюванні на машинах з педальним приводом стиску, а тверді – на машинах з електромеханічним і пневматичним приводами. ГОСТ 15878-79 регламентує дві групи точкових з'єднань: групу А і групу Б (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Параметри точкових з'єднань при контактному зварюванні

Товщина деталей, мм	Параметри з'єднань									
	Група А					Група Б				
	d, не менше	В, не менше		t, не менше	с, не менше	d, не менше	В, не менше		t, не менше	с, не менше
		Чорні метали й сплави	Кольорові метали й сплави				Чорні метали й сплави	Кольорові метали й сплави		
Понад 0,3	2,5	6	10	8	9	1,5	4	6	7	8,5
« 0,3 – 0,4	2,7	7				1,7	5	7		
Понад 0,4–0,5	3	8		10	12	2	6	8	8	10
« 0,5 – 0,6			2,2			7	9			
Понад 0,6–0,7	3,3	9	12	11	13	2,5	8	10	10	12
« 0,7 – 0,8	3,5	10		13	15,5					
Понад 0,8 – 1	4	11	14	15	18	3	9	12	12	15
« 1 – 1,3	5	13	16	17	20,5	3,5	10	13	14	16
1,3 – 1,6	6	14	18	20	24	4	11	14	16	18
1,6 – 1,8	6,5	15	19	22	26	4,5	12	15	18	19,5
1,8 – 2,2	7	17	20	25	30	5	13	16	20	24
2,2 – 2,7	8	19	22	30	36	6	15	18	23	27
2,7 – 3,2	9	21	26	35	42	7	17	20	26	31
Понад 3,2 – 3,7	10,5	24	28	40	48	—	—	—	—	—
« 3,7 – 4,2	12	28	32	45	54					
« 4,2 – 4,7	13	31	36	50	60					
4,7 – 5,2	14	34	40	55	66					
5,2 – 5,7	15	38	46	60	72					
5,7 - 6	16	42	50	65	78					

З'єднання групи А мають литу зону більшого діаметра, мають більш високу міцність, але вимагають більшої напустки.

Група з'єднання повинна встановлюватися при проектуванні залежно від вимог до зварюваної конструкції й особливостей процесу зварювання. Міцність окремої звареної точки визначається маркою сплаву, товщиною деталей, що зварюють, і діаметром литого ядра. Висота литого ядра (величина проплавлення) на міцність практично не впливає й може змінюватися в широких межах. Припустима величина проплавлення для магнієвих сплавів становить 20-70%, для титанових – 20-95% і для інших металів і сплавів – 20-80% товщини деталей. При меншому проплавленні важко забезпечити стабільність розмірів і міцності з'єднань, більше проплавлення може привести до перегріву поверхні деталей, зниженню їхньої корозійної стійкості й до підвищеного зношування електродів. Діаметр зовнішнього відбитка (вм'ятини) від електрода не пов'язаний однозначно з діаметром ядра й не характеризує міцності з'єднань. Звичайно діаметр зовнішнього відбитка перевищує діаметр ядра точки або дорівнює йому. Глибина відбитка не повинна перевищувати 20% товщини деталі. При зварюванні деталей різної товщини з відношенням товщин  $S/S_1 > 2$  у випадку застосування одного з електродів зі збільшеною плоскою робочою поверхнею, а також при зварюванні у важкодоступних місцях допускається збільшення глибини вм'ятин до 30% товщини деталі.

Напустка є важливим конструктивним елементом точкового з'єднання, його величина визначається за плоскою частиною деталей, що сполучають, без обліку радіусів вигину. Зменшення напустки або збільшення діаметра литого ядра точки при незмінній напустці може викликати виплеск розплавленого металу в зазор між деталями й роздавлювання крайок напустки, що знижує міцність і надійність зварних з'єднань.

Мінімальний крок зварних точок у табл. 4.1 установлений з умови, що при його подальшому зменшенні для збереження розмірів литого ядра буде потрібним збільшення струму з метою компенсації його шунтування в сусідні точки. Фактичний крок точок у конструкціях встановлюється, виходячи з необхідної міцності швів. При зварюванні деталей нерівних товщин діаметр ядра й інші розміри конструктивних елементів з'єднань варто обирати за деталлю меншої товщини. При співвідношенні товщин  $S/S_1 > 2$  значення  $B$ ,  $t$ ,  $c$  варто збільшувати в 1,2–1,3 рази. При зварюванні трьох і більше деталей діаметр литого ядра точки повинен бути витриманий для кожної пари деталей, що сполучають. Допускається наскрізне проплавлення середніх деталей. Напустка при зварюванні трьох і більше деталей повинна бути збільшена на 20-30%. Бажано, щоб відношення товщин деталей, що зварюють, не перевищувало 3:1.

Поверхні деталей, що зварюють точковим зварюванням, повинні бути вільні від окалини й іржі. Деталі з гарячокатаних сталей, покритих товстою оксидною плівкою (окалиною), повинні попередньо проходити меха-

нічну (піскоструминну, дрібоструминну або абразивну) обробку або піддаватися травленню у водних розчинах кислот. Поверхні деталей з холоднокатаних сталей повинні бути очищені від бруду, фарби, жирових плівок. Очищення (знежирення) здійснюється ацетоном, бензином з антистатичними добавками або іншими розчинниками. Видалення оксидної плівки при зварюванні холоднокатаних сталей не потрібно. У масовому виробництві очищення поверхні деталей з холоднокатаних сталей у більшості випадків взагалі не виконується, тому що тонкий шар масла на поверхні деталей на результати зварювання практично не впливає.

Деталі з алюмінієвих і магнієвих сплавів повинні проходити хімічну або механічну обробку для видалення товстої плівки оксидів, що має високий й нестабільний опір.

Режими зварювання характеризуються сукупністю параметрів, а також формою й розмірами робочих поверхонь електродів. При точковому зварюванні можуть застосовуватися електроди із плоскими (діаметром  $d_{ел}$ ) та сферичними (радіусом  $R_{ел}$ ) робочими поверхнями. Електроди зі сферичною робочою поверхнею мають більшу стійкість і менш чутливі до перекосів, чим електроди із плоскою поверхнею. Вибір розмірів робочої поверхні електродів здійснюється, виходячи з таких орієнтовних співвідношень:

$$d_{ел} = (0,9...1,2)d; \quad R_{ел} = (15...20)d.$$

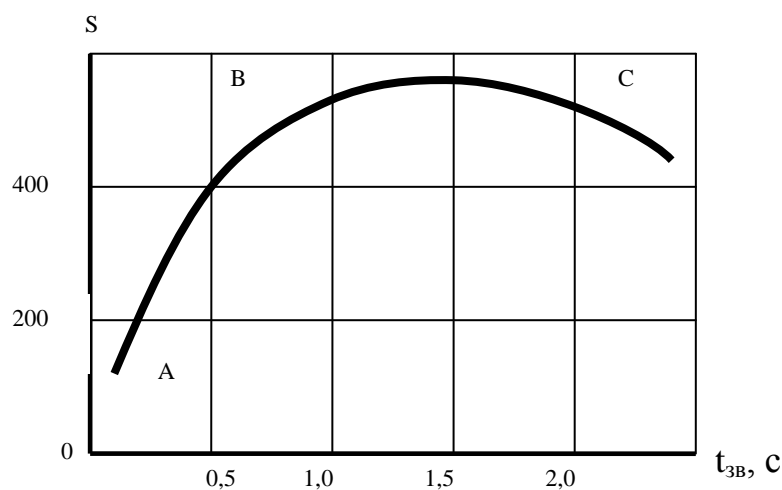
Збільшення  $d_{ел}$  або  $R_{ел}$  електродів викликає збільшення площі контактів «електрод – деталь» й «деталь – деталь», що приводить при незмінних параметрах режиму зварювання до зниження розмірів та міцності зварних з'єднань.

Основними параметрами режиму точкового зварювання є зварювальний струм  $I_{зв}$ , час зварювання  $t_{зв}$  та зусилля електродів  $F_{зв}$ . Зі збільшенням  $I_{зв}$  й  $t_{зв}$  кількість теплоти, що виділилася при зварюванні, зростає, у зв'язку з чим розміри й міцність з'єднань збільшуються. Зі збільшенням  $F_{зв}$  площі контактів «електрод – деталь» й «деталь – деталь» зростають, що знижує інтенсивність тепловиділення й збільшує відвід теплоти із зони зварювання. Тому при сталості інших параметрів режиму збільшення  $F_{зв}$  приводить до зменшення, а зменшення  $F_{зв}$  – до збільшення розмірів і міцності зварних з'єднань. Зростання розмірів й міцності з'єднань при збільшенні  $I_{зв}$  й  $t_{зв}$  і зниженні  $F_{зв}$  обмежується виникненням виплесків розплавленого металу.

При точковому зварюванні можуть застосовуватися різні цикли зусилля електродів та зварювального струму. У найпростішому випадку зварювання виконується одним імпульсом струму при незмінних  $F_{зв}$  й  $I_{зв}$ . Для поліпшення макроструктури литої зони застосовується зварювання з додатком кувального зусилля  $F_k$ . При зварюванні деталей з підвищеною твердіс-

тю для зменшення складальних зазорів та стабілізації контактів здійснюється також попереднє обтиснення зони зварювання підвищеним зусиллям. Для забезпечення плавного нагрівання й уповільненого остигання металу в зоні зварювання доцільно застосовувати модульований зварювальний струм із тривалістю наростання  $t_n$  і спаду  $t_{сп}$ . У деяких випадках, наприклад при зварюванні деталей великої товщини, рекомендується зварювання пульсуючим струмом, при якому імпульси струму тривалістю  $t$  чергуються з паузами тривалістю  $t_n$ . При зварюванні сталей, що гартуються, доцільне застосування двохімпульсних циклів, що забезпечують термообробку звареного з'єднання другим імпульсом струму силою  $I_d$ , що вмикають після паузи  $t_n$ .

Розглянемо вплив окремих параметрів режиму зварювання на міцність точки. На рис. 4.2 показана залежність міцності точки від тривалості імпульсу зварювального струму для маловуглецевої сталі товщиною 1 мм.



*AB – зварна точка утворена без розплавлення; BC – зварювання з розплавленням ядром*

*Рисунок 4.2 – Залежність міцності точки від тривалості увімкнення зварювального струму для маловуглецевої сталі товщиною 1 мм*

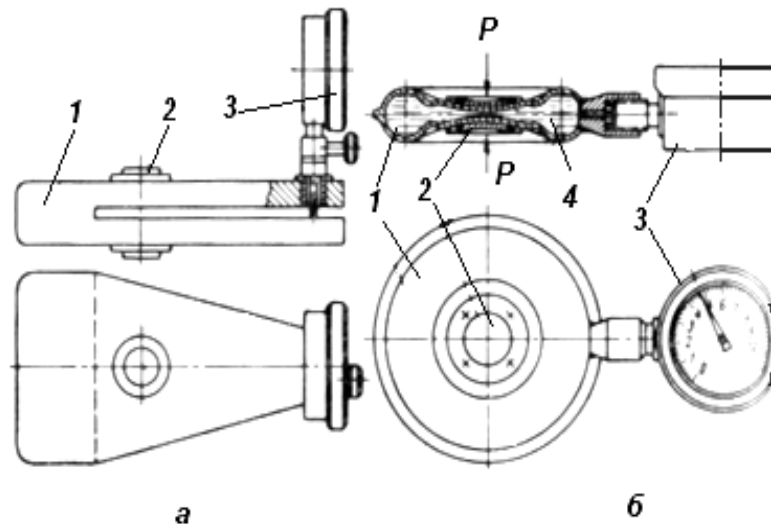
Усі параметри процесу зварювання, крім часу зварювання, не змінювалися. Аналогічний вид має крива залежності міцності від величини зварювального струму при постійному часі зварювання.

**Зусилля стиску** впливає на електричний опір зварювального контакту та, як наслідок, на міцність звареної крапки. Питомий тиск  $p$  ( $H/m^2$ ) становить відношення величини зусилля стиску  $F_{зв}$  до площі контакту «електрод – деталь»  $F_k$ :  $p = F_{зв} / F_k$ .

При зварюванні низьковуглецевої сталі величина питомого тиску становить 40 – 120  $MH/m^2$  (4 – 12  $кг/мм^2$ ), причому більший питомий тиск використовують при зварюванні листів більшої товщини на більш твердих режимах.



Для визначення питомого тиску вимірюють зусилля стиску й площу контактної поверхні електрода. Зусилля стиску вимірюють пружинними й гідравлічними динамометрами. Динамометр типу ДПС-1 (рис. 4.3, а) є пружинною скобою 1 із вставками для електродів 2. Зусилля стиску визначають деформацією пружини й вимірюють стрілочним індикатором 3 зі шкалою, градуйованою в кілограмах (ньютонках). Динамометр має три діапазони вимірів: 1 - 15000 Н (100 - 1500 кг); 2 - 25000 Н (100 - 2500 кг); 3 - 1000 - 50 000 Н (100 - 5000 кг).

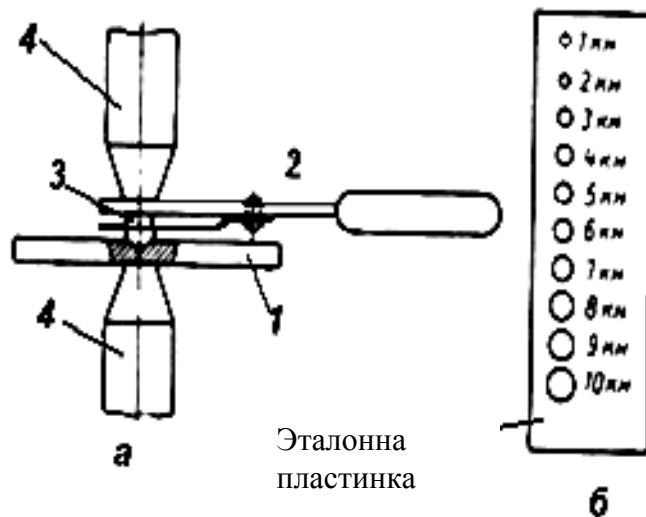


*Рисунок 4.3 – Динамометри для визначення зусилля стиску між електродами*

Гідравлічний динамометр (рис. 4.3, б) є мембраною 1 з опорами 2 для електродів і манометром 3, шкала якого градуйована в кілограмах (ньютонках).

Мембрана й манометр заповнені рідким маслом 4. Для зручності роботи гідравлічні динамометри виготовляються на різні діапазони вимірів. До недоліків гідравлічних динамометрів варто віднести значну температурну погрішність, а також ще більшу погрішність за рахунок витoku масла й появи пухирців повітря в гідросередовищі. При відсутності динамометрів можна скористатися пристосуванням, показаним на рис. 4.4, а. Контрольну пластину 1 й оправлення 2 з кулькою 3 діаметром 10 мм здавлюють між електродами 4. Після цього за допомогою лупи Бринеля заміряють діаметр відбитка й порівнюють його з еталоном (рис. 4.4, б). Еталон повинен бути виготовлений заздалегідь із того ж металу, що й контрольна пластина.

У пружинних динамометрах-скобах зусилля електродів сприймається пружними плоскими пластинами з рівним моментом опору вигину. Уздовж осьової лінії пластин є ряд отворів, куди вставляються підп'ятники, що орієнтують місце додатка зусилля електродів контактної машини. Переміщаючи місце докладання зусилля ближче до кінців пластин, підвищують чутливість виміру.

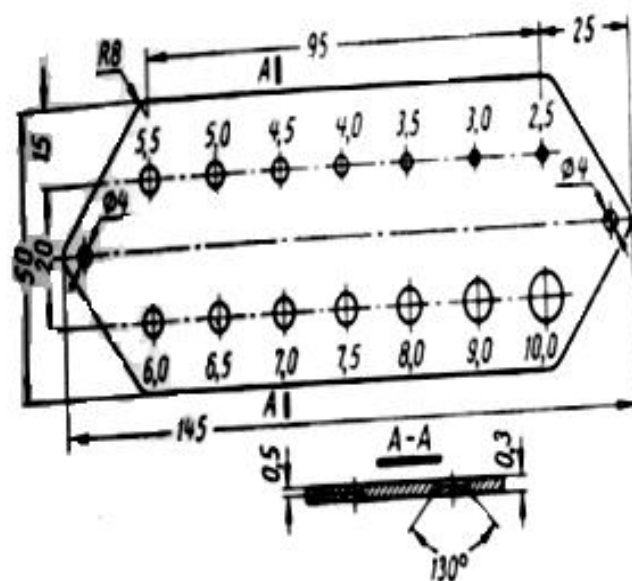


*Рисунок 4.4 – Пристосування для визначення зусилля стиску між електродами за відбитком*

Параметри пластин і розташування отвору обрані так, що прогин пластин не виходить за межі пружної деформації. Вигин пластин контролюється індикатором годинникового типу, показання якого протаровані заздалегідь для всіх точок установки електродів у реальних одиницях зусилля.

Зазначені пружинні динамометри випускаються для трьох діапазонів виміру: 10-100 даН; 100-500 даН й 500-10 000 даН – відповідно до типу ДПС-3, ДПС-1 і ДПС-2.

Діаметр контактної поверхні електрода можна вимірювати універсальними вимірювальними інструментами (лінійкою, штангенциркулем й ін.) або спеціальним шаблоном (рис. 4.5).



*Рисунок 4.5 – Шаблон для вимірювання діаметра контактної поверхні електродів*

Шкала цього шаблона показує діаметр контактної поверхні електрода. У деяких приладах крім діаметра на шкалі зазначена площа контакту.

У ряді випадків для визначення площі контактної поверхні застосовують свинцеву пластину, на якій ставлять відбиток, а потім вимірюють його діаметр і при необхідності перераховують на площу. Діаметр контактної поверхні залежить в основному від товщини металу, що зварює, і становить 2-15 мм. Орієнтовно його можна визначити за емпіричною формулою:

$$d_3 \approx 5,5\sqrt{\delta} ,$$

де  $\delta$  – товщина тонкого аркуша, мм.

При великій різниці в товщині аркушів з боку більш товстого аркуша розташовують електрод з більшим діаметром торця.

Останнім часом знайшли застосування датчики зусилля на основі принципу магнітної анізотропії, тобто зміни магнітних властивостей матеріалу при додатку зусилля в різних осьових напрямках. Такий датчик стаціонарно встановлюється в приводі зусилля, а його сигнали сприймаються вимірювальним пристроєм. Істотний недолік такого датчика полягає в наявності гістерезису при циклічних навантаженнях.

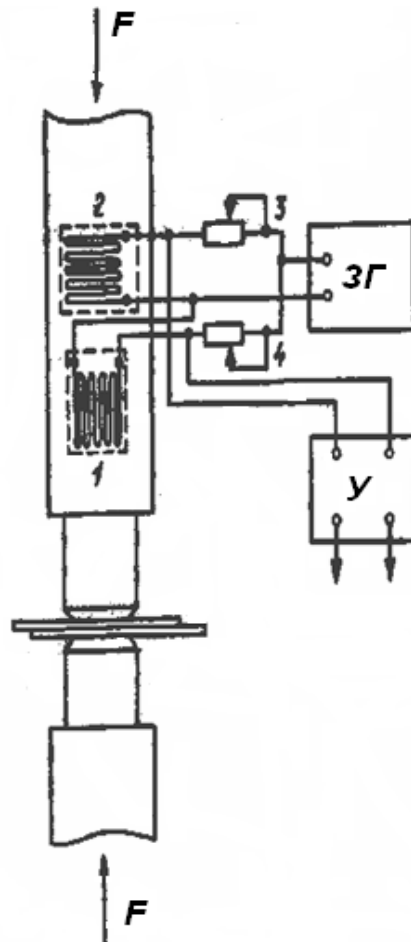
Найбільш широке застосування у силовимірювальній апаратурі одержав тензометричний метод виміру на основі використання напівпровідникових або металевих тензорезисторів, що забезпечує високу лінійність і точність виміру. Перетворення вимірюваного зусилля в електричний сигнал за допомогою тензометричних датчиків сили можна умовно розбити на кілька етапів. Спочатку зусилля перетвориться в поле механічних напруг у тілі пружного елемента (ПЕ).

Потім відповідно до закону Гука ці напруги перетворюються в деформацію поверхні ПЕ й одночасно – у деформацію провідної частини наклеєних тензорезисторів, що приводить до зміни їхнього опору постійному струму й сили струму, що й є вихідним електричним сигналом.

Принципова схема вимірювального моста на металевих тензорезисторах для реєстрації зусиль наведена на рис. 4.6.

Датчики 1 й 2 наклеюються на деталь, що сприймає зусилля стиску. Якщо датчики наклеєні на електродотримач, то останній буде відігравати роль ПЕ стиснення-розтягання; якщо ж датчики наклеюються на нижню консоль, то використовується ПЕ вигину. Датчик 1 реагує на можливу деформацію. Датчик 2 відіграє роль термокомпенсуючого елемента, тому що в процесі зварювання ПЕ нагрівається, а зміна опору тензодатчика за рахунок нагрівання не повинне сприйматися як вимірюване. Резистори 3 й 4 становлять інші плечі моста й перебувають поза машиною. До однієї діагоналі моста підключається джерело стабільної змінної напруги, звичайно звукової частоти 3Г. З іншої його діагоналі сигнал через підсилювач У, що

нормує, подається на осцилограф або вимірювальний прилад зі стрілочною або цифровою шкалою, залежно від призначення. Перед вимірюванням міст балансують за допомогою резисторів 3 й 4, тому під час реєстрації вихідний сигнал пропорційний тільки зусиллю стиску або вигину. Крива вихідної напруги може бути протарована за стандартними динамометрами типу ДОС, що мають високий клас точності.



*Рисунок 4.6 – Реєстрація зусилля при контактному зварюванні за допомогою клейових тензорезисторів*

На основі тензорезисторів будують виносні датчики, усередині яких звичайно є ПЕ вигину. Такі датчики можуть установлюватися й між електродами, і поза ними, тому що з вимірювальним пристроєм вони пов'язані тільки електричним шлангом.

Зварювальний струм і його щільність впливають на кількість теплоти, що виділяється, і процес нагрівання металу. Найбільш характерним параметром точкового зварювання є щільність струму у зварювальному контакті. При зварюванні низьковуглецевої сталі на м'яких режимах щільність струму становить  $80\text{--}160 \text{ МА/м}^2$  ( $80\text{--}160 \text{ А/мм}^2$ ), а на твердих режимах  $160\text{--}400 \text{ МА/м}^2$  ( $160\text{--}400 \text{ А/мм}^2$ ). Необхідний струм визначають залежно від тиску між електродами й товщини аркушів, що зварюють. Величину зварювального струму знаходять множенням обраної щільності струму

на площу контактної поверхні електрода. При зварюванні низьковуглецевої сталі товщиною 1-3 мм орієнтовно струм можна підрахувати за емпіричним співвідношенням:

$$I_{зв} = 1600\delta$$

Визначити величину зварювального струму можна за методом, наведеним у лабораторній роботі № 1. У виробничих умовах цим методом користуватися незручно, тому що крім вимірів необхідні ще обчислення.

Широке застосування як датчик зварювального струму одержав повітряний трансформатор (пояс Роговського), що має замкнуту гнучку або тверду основу і несе одношарову або багатшарову обмотку.

Прилад дозволяє вимірювати амплітудні або діючі значення струму в імпульсі. Так, для виміру діючого значення струму при точковому зварюванні з тиристорним контактором широко застосовується імпульсний амперметр типу АСТ-2 (рис. 4.7, а). Струм вимірюють трансформатором з немагнітним сердечником-тороїдом, трансформатор надягають на струмоведучі шини вторинного контуру зварювальної машини. Живиться амперметр від сухого елемента й змонтований у металевому переносному ящику з відділенням для тороїда. Прилад дозволяє вимірювати зварювальний струм у межах 4000-35 000 А з точністю  $\pm 5\%$ . Вага приладу 11,5 кг. Структурна схема амперметра АСТ-2 наведена на рис. 4.7, б.

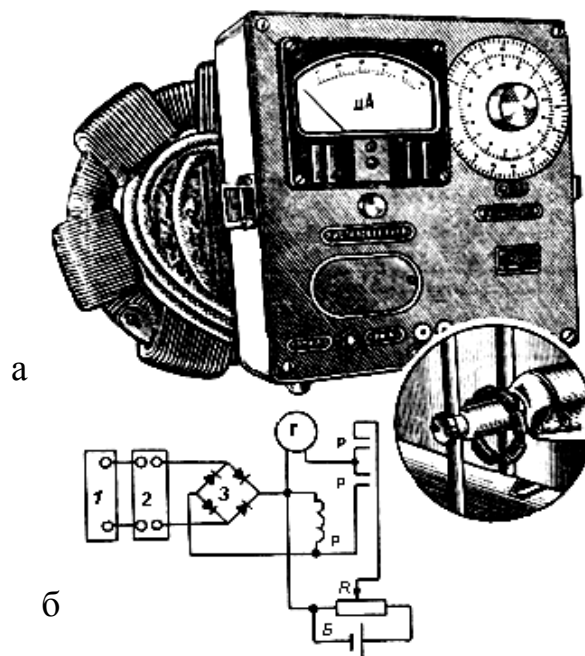


Рисунок 4.7 – Вимірювальний амперметр АСТ-2

Величина напруги на датчику 1 підвищується пристроєм 2 і стає рівною квадрату величини, що вводиться.

Тривалість увімкнення струму – один з основних параметрів режиму точкового зварювання, сильно залежить від товщини металу й істотно впливає на розміри литого ядра звареної точки і її міцність. Значне збільшення тривалості увімкнення струму може викликати перегрів металу й навіть виплеск. Під часом зварювання розуміється тривалість протікання імпульсу зварювального струму від моменту його увімкнення й до закінчення. При цьому для машин з випрямленням струму й для низькочастотних машин моментом закінчення струму вважається момент початку його спаду, коли струм підтримується за рахунок електромагнітної енергії, накопиченої в основний період його протікання. В однофазних машинах тривалість імпульсу включає все число напівперіодів зварювального струму, без обліку того, що в самих напівперіодах за рахунок фазового регулювання фактична тривалість напівхвиль струму може бути меншою ніж 0,01 с.

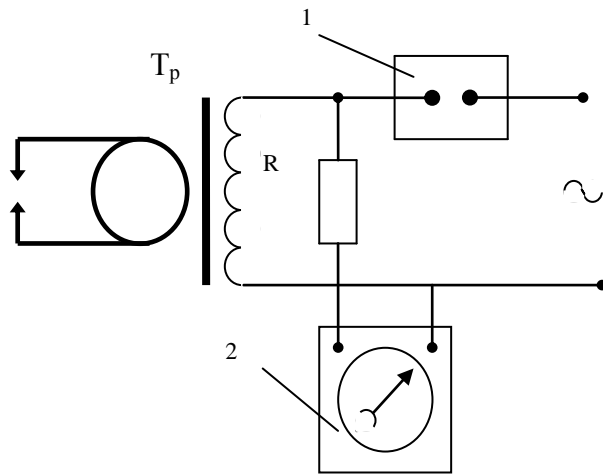
Найбільш досконалим вимірником часу є прилад ИВ-01, виконаний на сучасній елементній базі й забезпечує вимір тривалості протікання струму в межах 1 - 99 періодів напруги живильної мережі. Додатково вимірник ИВ - 01 дозволяє визначити інтервал часу між моментом увімкнення кувального тиску й закінченням протікання зварювального струму в межах  $\pm 9$  напівперіодів напруги мережі. Відмінність приладу в тому, що він має цифрову індикацію вимірюваних величин, а також оперативну індикацію відповідності тривалості зварювального струму встановленому завданню. Додатково від приладу ИВ - 01 можуть бути отримані інформація про обмірювану величину й сигнал на блокування зварювання у випадку невідповідності режиму, встановленому завданням. Датчиком приладу є повітряний тороїдальний трансформатор. Скидання показань виконується автоматично з початком наступного імпульсу струму.

При орієнтовних розрахунках режиму зварювання низьковуглецевих сталей на твердих режимах тривалість увімкнення струму можна визначати за емпіричною залежністю:

$$t_{3\theta} = (0,2 \dots 0,4) \delta .$$

Для визначення тривалості увімкнення струму застосовують електричні секундоміри, лічильники імпульсів, вібрографи, а також катодні осцилографи (рис. 4.8). Електросекундомір 2 вмикається паралельно первинній обмотці зварювального трансформатора  $Tr$ . При роботі трансформатора від мережі напругою 380 В. електросекундомір вмикають через додатковий опір  $R = 3000$  Ом. Прилад дозволяє вимірювати тривалість протікання струму від 0,01 до 10 с. Досить точні показання електросекундоміра починаються з імпульсів тривалістю більшою за 0,06 - 0,08 с.

Для вимірювання тривалості імпульсів зварювального струму в інтервалі часу 0,01 - 1 с можна застосовувати декатронний лічильник імпульсів типу СИ-1 (рис. 4.9).



1 – переривач струму; 2 – електросекундомір ПВ-52

Рисунок 4.8 – Вимірювання тривалості зварювального імпульса за допомогою електросекундоміра

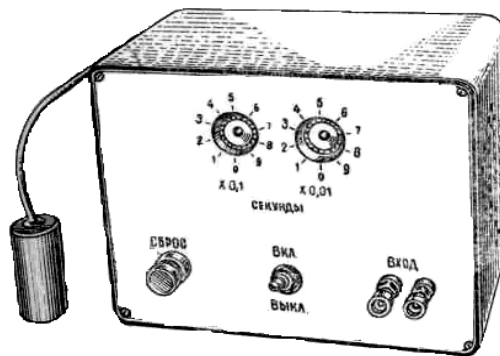


Рисунок 4.9 – Декадронний лічильник імпульсів СИ-1

При відсутності спеціальних приладів для наближеного визначення тривалості увімкнення струму при зварюванні на точкових машинах з педальним приводом можна застосовувати звичайні секундоміри.

Точкове зварювання різних металів і сплавів здійснюється на режимах, вибір яких визначається теплофізичними властивостями металів.

Зі зменшенням електро- і теплопровідності знижується необхідний струм  $I_{зв}$  і з'єднання утвориться при споживанні меншої електричної потужності.

Чим вища температуропровідність металу, тим меншою повинна бути  $t_{зв}$ . Висока міцність при підвищених температурах (жароміцність) і висока твердість вимагають підвищених  $F_{зв}$ .

З підвищенням коефіцієнта лінійного розширення металу збільшиться його усадка при кристалізації, що вимагає, щоб уникнути утворення усадочних раковин, збільшення  $F_{зв}$  або застосування циклу із проковуванням. Зварювання сплавів, схильних до утворення гартівних структур, варто робити у двохімпульсному режимі, що включає зварювальний імпульс й імпульс термообробки.

Відносно до режимів зварювання всі застосовувані в промисловості метали й сплави можна розбити на такі основні групи: низьковуглецеві сталі; низьковуглецеві сталі із цинковими й іншими легкоплавкими покриттями; низьколеговані й вуглецеві сталі, що гартуються; корозійно-стійкі (нержавіючі) сталі; титанові сплави; жароміцні сплави; мідні сплави; пластичні алюмінієві сплави; високоміцні алюмінієві сплави; магнієві сплави.

Низьковуглецеві сталі мають відносно високий електричний опір, низьку теплопровідність і невисоку міцність. Ці сталі можна зварювати в широкому діапазоні режимів; зварені з'єднання характеризуються гарною пластичністю й малою схильністю до утворення тріщин. Орієнтовні режими зварювання низьковуглецевих сталей наведені в табл. 4.2, 4.3, 4.4.

*Таблиця 4.2 – Режими зварювання низьковуглецевих сталей*

Товщина деталей, мм	Режими зварювання низьковуглецевих сталей		
	$I_{зв}$ , кА	$t$ , с	$F_{зв}$ , кН
0,5	6 – 6,5	0,08 – 0,1	1,2 – 1,8
0,8	6,5 – 7	0,1 – 0,14	2 – 2,5
1	7 – 8	0,12 – 0,16	2,5 – 3
1,2	8 – 9	0,14 – 0,18	3 – 4
1,5	9 – 10	0,16 – 0,22	4 – 5
2	10 – 11,5	0,18 – 0,24	6 – 7
3	11,5 – 14	0,24 – 0,3	9 – 10
3,5	15 – 16,5	0,3 – 0,4	11 – 12
4	17 – 19	0,4 – 0,56	13 – 15

*Таблиця 4.3 – М'які режими зварювання низьковуглецевих сталей*

Товщина деталей, мм	Діаметр контактної поверхні електродів, мм	Тривалість увімкнення зварювального струму, с	Зусилля стиску, кН	Зварювальний струм, кА
0,5	5	0,8	0,3 – 0,4	3,0 – 4,0
1	5	1	0,8 – 1,2	4,5 – 5,0
1,5	6	1	1,0 – 1,4	5,0 – 6,0
2	7	2	1,6 – 2,0	6,2 – 7,0
2,5	8	2	1,8 – 2,4	7,5 – 9,0
3	10	2	2,0 – 3,0	9,0 – 10
4	12	2	3,0 – 4,0	10,0 – 11,8
5	12	2	4,0 – 5,0	13,0 – 14,0
6	14	2	5,0 – 6,0	15,0 – 16,0



Таблиця 4.4 – Тверді режими зварювання низьковуглецевих сталей

Товщина деталей, мм	Діаметр контактної поверхні електродів, мм	Тривалість увімкнення зварювального струму, с	Зусилля стиску, кН	Зварювальний струм, кА
0,5	5	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4	4,0 – 5,0
1	5	0,2 – 0,35	0,8 – 1,2	6,0 – 7,0
1,5	6	0,25 – 0,35	1,2 – 1,6	7,0 – 8,0
2	7	0,25 – 0,35	1,6 – 2,0	8,0 – 9,0
2,5	8	0,4 – 0,6	2,0 – 2,5	11,0 – 12,0
3	10	0,6 – 1	5,0 – 6,0	12,0 – 16,0
4	12	0,8 – 1,1	6,0 – 8,0	14,0 – 18,0
5	12	0,9 – 1,2	8,0 – 9,0	17,0 – 22,0
6	14	1,1 – 2,5	9,0 – 12,0	20,0 – 25,0

Для низьковуглецевих сталей із цинковими, кадмієвими й іншими легкоплавкими металевими покриттями характерне сильне збільшення площі контактів електрод - деталь і деталь - деталь, викликане видавлюванням розплавленого металу покриття до периферії контактних площадок. У зв'язку з цим для одержання якісних з'єднань потрібне значне збільшення зусилля електродів і зварювального струму. Зварювання відрізняється невисокою стабільністю й супроводжується підвищеним забрудненням робочих поверхонь електродів.

Низьколеговані й вуглецеві сталі схильні до утворення гартівних структур, що підвищують крихкість і знижують пластичність зварених з'єднань.

Для підвищення пластичності й міцності з'єднань їх піддають термообробці за допомогою другого імпульсу струму. Пауза між імпульсами струму зварювання й термообробки  $t_n = (1,1 \dots 1,4)t_{зг}$ ; тривалість імпульсу термообробки  $t_o = (2,5 \dots 3,0)t_{зг}$ ; струм термообробки  $I_o = (0,7 \dots 0,85)I_{зг}$ . У зв'язку з більш високим електроопором і підвищеною міцністю цих сплавів  $I_{зг}$  повинен бути нижчим, а  $F_{зг}$  вищим, ніж при зварюванні низьковуглецевих сталей. Орієнтовні режими зварювання низьколегованих сталей, що гартуються, наведені в табл. 4.5.

Орієнтовні м'які й тверді режими точкового зварювання низьковуглецевої сталі наведені в табл. 4.2 - 4.5. Правильно встановлений режим забезпечує гарну якість звареної точки. Можливі дефекти, пов'язані з порушенням режиму зварювання, а також причини їхнього виникнення наведені в табл. 4.6.

Якість звареної точки оцінюється за зовнішнім виглядом або контрольним випробуванням зразків.

*Таблиця 4.5 – Режими зварювання низьколегованих сталей,  
що гартуються*

Товщина деталей, мм	Режими зварювання низьколегованих сталей, що гартуються					
	Зварювання		$t_{п}, \text{з}$	Термообробка		$F_{зв}, \text{кН}$
	$I_{зв}, \text{кА}$	$t_{зв}, \text{з}$		$I_{о}, \text{кА}$	$t_{о}, \text{з}$	
0,5	5 – 6	0,32 – 0,4	0,3 – 0,5	4 – 5	0,5 – 0,6	2 – 3
0,8	5,5 – 6,2	0,36 – 0,44	0,4 – 0,6	4,5 – 5,2	0,6 – 0,74	2,5 – 3,5
1	6,2 – 6,7	0,42 – 0,5	0,6 – 0,7	4,8 – 5,5	0,68 – 0,78	4 – 5
1,2	7,2 – 7,7	0,46 – 0,54	0,7 – 0,9	5 – 6	0,72 – 0,86	5 – 6
1,5	8,7 – 9,2	0,56 – 0,64	0,8 – 1,1	6,2 – 7,4	0,86 – 0,96	6 – 8
2	10 – 11	0,74 – 0,84	1 – 1,4	7 – 8	1,1 – 1,3	8 – 10
2,5	11,5 – 12,5	1 – 1,1	1,1 – 1,5	8 – 9	1,3 – 1,9	10 – 12
3	13 – 14	1,2 – 1,4	1,3 – 1,5	8 – 10	1,8 – 2,2	11 – 14

*Таблиця 4.6 – Види й причини дефектів при точковому зварюванні*

Вид дефекту	Причини виникнення дефекту
Непровар або малий діаметр ядра	1 Низький зварювальний струм 2 Мала тривалість увімкнення струму 3 Завищене зусилля стиску 4 Великий діаметр контактної поверхні електрода
Перегрів зовнішньої поверхні або внутрішні виплески	1 Недостатнє зусилля стиску 2 Мала площа поверхні контакту електродів 3 Занадто великий струм 4 Більша тривалість увімкнення струму
Глибока вм'ятина від електродів	1 Занадто високий зварювальний струм 2 Велике зусилля стиску 3 Більша тривалість увімкнення струму 4 Занадто малий діаметр контактної поверхні електродів
Наскрізні прожоги	1 Увімкнення або вимикання зварювального струму при низькому зусиллі стиску 2 Перегрів металу за рахунок великого струму й занадто тривалого часу увімкнення струму
Кільцеві тріщини	Підвищена тривалість увімкнення струму

Зразки випробовують на зріз (рис. 4.10, а), на відрив (рис. 4.10, б), а також на скручування (рис. 4.10, в). Вирізують і маркують зразки відповідно до схеми (рис. 4.10, г). Такий порядок вирізки дає можливість одночасно визначити вплив шунтування струму на міцність звареної точки. Для технологічних випробувань зварених точок у лещатах рекомендується застосовувати зубило з вирізом (рис. 4.10, д).

Форма зразка після випробування таким зубилом показана на рис. 4.10, е. Результати всіх випробувань оцінюють за величиною руйнуючого зусилля або за характером руйнування.

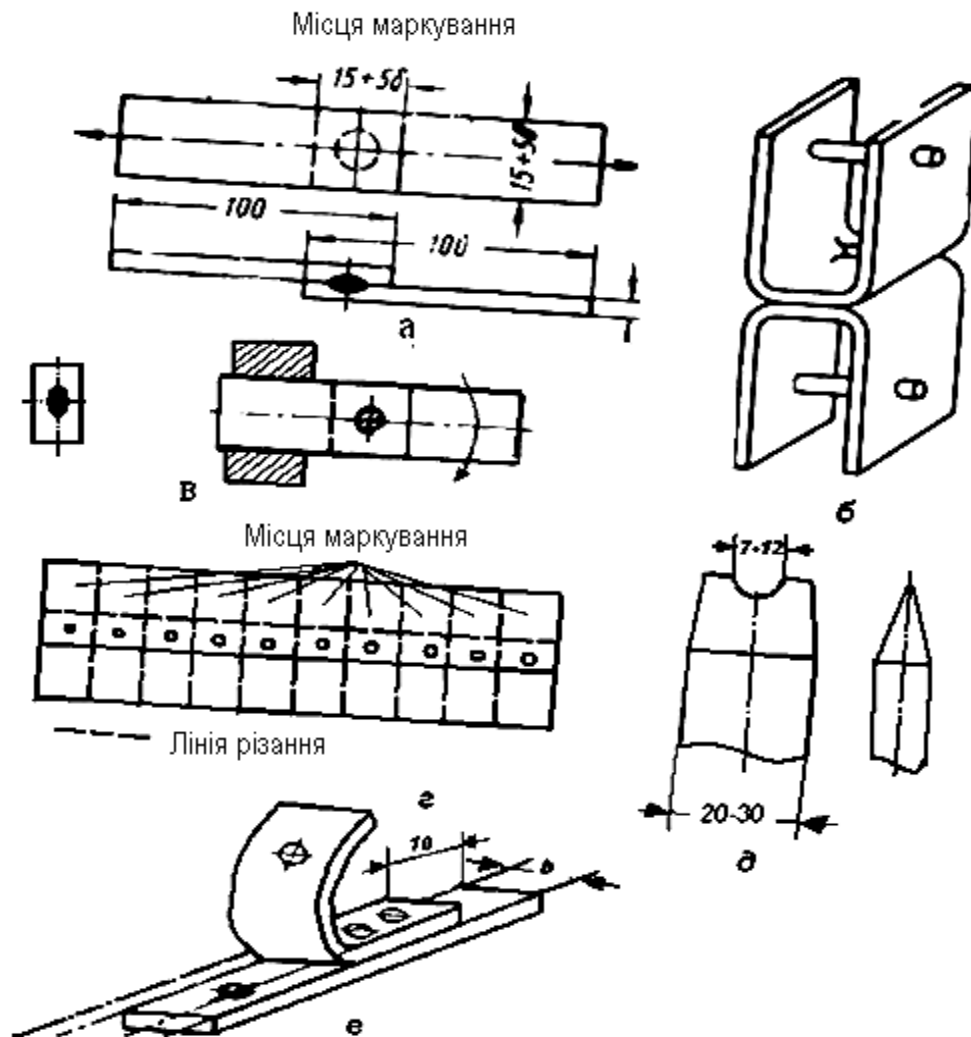


Рисунок 4.10 – Зразки для випробувань точкового зварювання

### **Визначення загального опору зони зварювання**

Великий вплив на характер нагрівання деталей й, як наслідок, на якість звареної точки, чинить загальний опір зони зварювання  $R_0$  (рис. 4.11), що складається з контактного опору між деталями  $R_k$ , опору самих деталей  $R_d$  й опору між електродами й деталями:

$$R_0 = R_k + 2 R_d + 2 R_e.$$

Контактні опори  $R_k$  й  $R_e$  збільшуються зі зменшенням тиску й погіршенням чистоти підготовки поверхні деталей й самих електродів. При підвищенні тиску збільшується площа зіткнення між контактуючими поверхнями й зменшується контактний опір між ними.

Контактні опори вимірюють мікроомметрами, наприклад мікроомметром М-246, пристрій якого описано в лабораторній роботі № 3. При відсутності мікроомметра можна скористатися методом амперметра-вольтметра (див. лабораторну роботу №1).

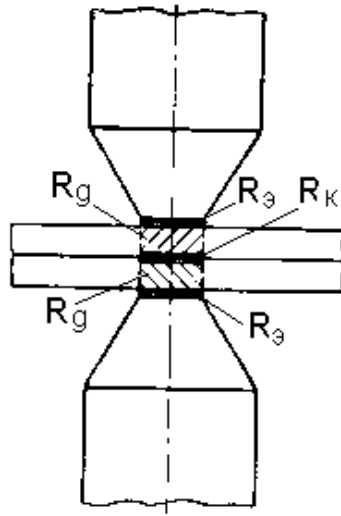


Рисунок 4.11 – Опір зони зварювання

При вимірюванні контактного опору деталі затискають між електродами точкової машини або спеціального преса з певним зусиллям, незмінним у процесі виміру. При цьому один електрод повинен бути ізольованим від вторинного контуру машини або корпусу преса.

Для зменшення контактного опору поверхню деталей, що зварюють, очищають, видаляють іржу, окалину, бруд, фарбу й масло, які є поганими провідниками електричного струму й збільшують контактний опір. Існують різноманітні способи очищення: протирання деталей дрантям, бензином або ацетоном; травлення в 10 %-ному розчині сірчаної кислоти з наступною нейтралізацією в лузі; очищення абразивними колами із дрібним зерном і т.д. У табл. 4.7 наведені зразкові значення контактного опору  $R_k$  при різному стані поверхонь двох деталей з низьковуглецевої сталі товщиною 3 мм при зусиллі стиску 2000 Н (200 кг).

Таблиця 4.7 – Вплив стану поверхні на контактний опір пластин

Вид підготовки поверхні	Контактний опір, мкОм	Вид підготовки поверхні	Контактний опір, мкОм
Шліфування	110	Обробка різцем	1200
Очищення на наждаковому колі	160	Іржавіння після очищення	80 000
Обробка напилком	280	Окалина на поверхні	80 000
Травлення в кислоті	300	Окалина й іржа на поверхні	500 000

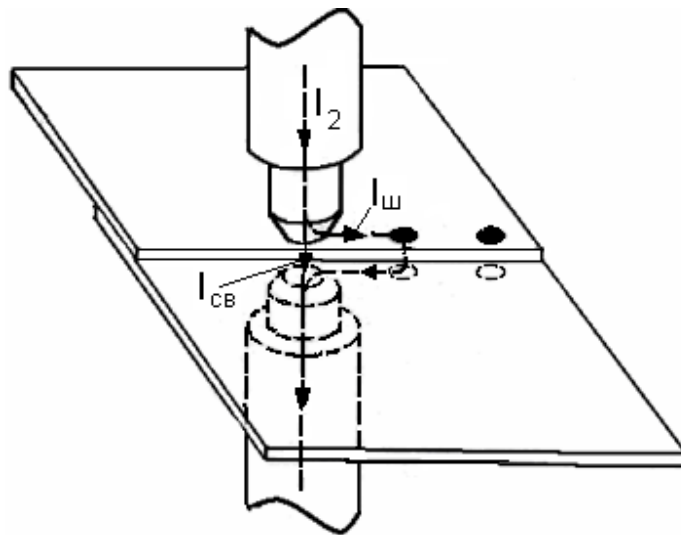
### ***Вплив шунтування струму на розміри й міцність звареної точки***

При шунтуванні частина зварювального струму проходить через суміжні, раніше зварені точки (рис. 4.12). При цьому струм  $I_2$ , що проходить по електроду, розгалужується; зварювальний струм  $I_{\text{зв}}$  значно менший від необхідного. Шунтування істотно впливає на якість звареної точки. Чим менша відстань між точками, тим більша частина струму відгалужується й тем більше тепла даремно витрачається на нагрівання деталей поза місцем зварювання. Струм у шунті  $I_{\text{ш}}$  може досягати значних величин:

$$I_{\text{ш}} = (0,3 \dots 0,4) I_{\text{зв}} .$$

Найбільша частина струму відгалужується через точку, що передують тій, що зварюють. Шунтування струму іншими точками через те, що вони далі відстоять від електрода, є значно меншим.

Для виявлення впливу шунтування струму зварюють зразки, які розрізують на смужки (рис. 4.10, г) і випробовують на зріз, відрив або скручування.



*Рисунок 4.12 – Шунтування при точковому зварюванні*

Загальний струм у зварювальному контурі  $I_2$  дорівнює геометричній сумі векторів зварювального струму  $I_{\text{зв}}$  і струму в шунті  $I_{\text{ш}}$ , які не збігаються по фазі:

$$I_2 = I_{\text{зв}} + I_{\text{ш}} .$$

За законом Ома для роз'єданого ланцюга, еквівалентна схема якої показана на рис. 4.13, а маємо:

$$I_{\text{ш}} = I_{\text{зв}} R_{\text{зв}} / Z_{\text{ш}} ,$$

де  $R_{зв}$  – активний опір деталей, що зварюють;  
 $Z_{ш}$  – повний опір:

$$Z_{ш} = \sqrt{(mR_{ш})^2 + X_{Iш}^2},$$

де  $R_{ш}$  й  $X_{Iш}$  – омичний й індуктивний опори;  
 $m$  – коефіцієнт поверхневого ефекту.

Коефіцієнт швидко зростає зі збільшенням товщини магнітної сталі (рис. 4.13, б). При зварюванні сталі товщиною меншою від  $2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ , а також немагнітних матеріалів  $m = 1$ .

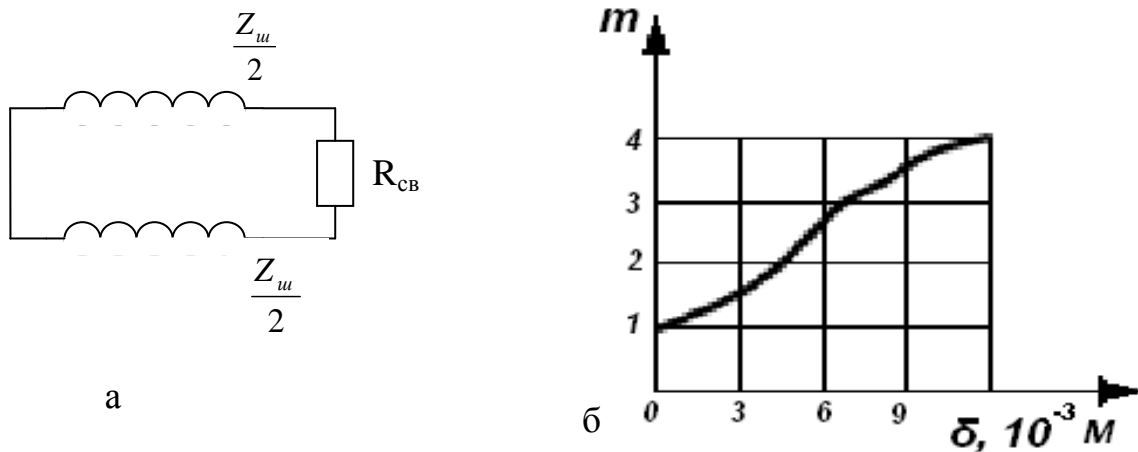


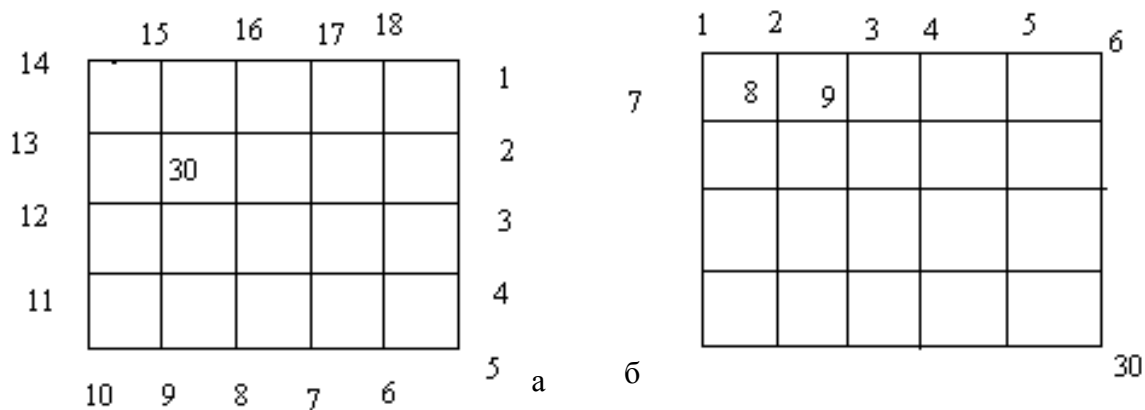
Рисунок 4.13 – Вплив деяких параметрів режиму на якість зварних з'єднань при точковому зварюванні

Індуктивний опір  $X_{Iш}$  при великій щільності струму, характерної для точкового зварювання, значно менше активного  $R_{ш}$  і можна вважати, що  $X_{Iш} \approx 0$  й  $Z_{ш} \approx mR_{ш}$ .  $R_{ш}$  зменшується зі зменшенням кроку точок і зі збільшенням ширини й товщини деталей. Шунтування істотно впливає на результати зварювання будь-яких матеріалів і часто викликає його незадовільну якість.

Зниження міцності точок через шунтування особливо значно при їхньому близькому сусідстві з декількома точками.

Наприклад, при зварюванні навхрест прутків у послідовності «по спіралі» (рис. 4.14, а) міцність 30-й точки, оточеної 4 звареними точками, становить 30 % міцності першої точки. При зварюванні тієї ж сітки рядами (рис. 4.14, б) міцність будь-якої точки не нижче 90 % міцності першої. Ступінь шунтування залежить також від стану поверхні деталей, що зварюють. При зварюванні неочищених деталей ступінь шунтування значно нижча, ніж для очищених.

Шунтування особливо велике при зварюванні лінійних швів з малим питомим опором, високим опором плівок, тому мінімальний крок точок для цих сплавів більший, ніж при зварюванні сталей тієї ж товщини.



*Рисунок 4.14 – Способи зварювання дротової сітки з різним ступенем шунтування як точок*

Поверхні деталей, що зварюють точковим зварюванням, повинні бути вільні від окалини й іржі. Деталі з гарячекатаних сталей, покритих товстою оксидною плівкою (окалиною), повинні попередньо проходити механічну (піскоструминну, дрібострумінну або абразивну) обробку або піддаватися травленню у водяних розчинах кислот. Поверхні деталей з холоднокатаних сталей повинні бути очищені від бруду, фарби, жирових плівок.

Очищення (знежирення) здійснюється ацетоном, бензином з антис- татичними добавками або іншими розчинниками. Видалення оксидної плі- вки при зварюванні холоднокатаних сталей не потрібно. У масовому виро- бництві очищення поверхні деталей із холоднокатаних сталей у більшості випадків взагалі не виконується, тому що тонкий шар масла на поверхні деталей на результати зварювання практично не впливає.

Деталі з алюмінієвих і магнієвих сплавів повинні проходити хімічну або механічну обробку для видалення товстої плівки оксидів, що має висо- кий і нестабільний опір. Хімічна обробка складається зі знежирення, про- мивання й наступного травлення у водяному розчині ортофосфорної кис- лоти з добавками калієвого або натрієвого хромпіка, що гальмує процес наростання нової оксидної плівки. Деталі, оброблені в такому розчині, придатні для зварювання протягом 3 - 5 діб. Механічну обробку можна робити шляхом зачищення дротовою щіткою або абразивним полотном. У зв'язку з тим, що механічна обробка активізує повторне окислювання поверхні деталей, їхнє зварювання повинне виконуватися не пізніше, ніж через 2 - 3 години після обробки.

## **4.2 Проведення роботи**

### ***Устаткування й матеріали***

- 1 Машина для точкового зварювання.
- 2 Прилад для вимірювання зусилля стиску (динамометр або прис- тосування з кулькою й лупою Бринеля).

- 3 Прилад для вимірювання зварювального струму (імпульсний амперметр АСТ-2 або інший аналогічний).
- 4 Електросекундомір або лічильник імпульсів.
- 5 Ножиці для різання металу.
- 6 Розривна машина.
- 7 Лещата.
- 8 Міліметрова лінійка.
- 9 Штангенциркуль.
- 10 Молоток.
- 11 Зубило.
- 12 Комплект змінних електродів.
- 13 Шаблон для вимірювання діаметра контактної поверхні електродів контактної машини.
- 14 Пристосування для зачищення й заправлення електродів.
- 15 Знімач електродів.
- 16 Набір пластин з низьковуглецевої сталі.
- 17 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, з інструментом і спецодягом.

### ***А Виявлення впливу окремих параметрів режиму точкового зварювання на міцність точки***

- 1 Накреслити схему досліду й увімкнути необхідні прилади для вимірювання зварювального струму й тривалості його увімкнення. Схему пред'явити для перевірки.
- 2 Підготувати таблицю для записів даних вимірів, обчислень і спостережень (див. табл. 4.8).
- 3 Для даної товщини металу підібрати за таблицею режим зварювання й установити його на машині.
- 4 Визначити діаметр контактної поверхні електродів.
- 5 Зробити зварювання трьох пар пластин.
- 6 Визначити якість зварених точок за зовнішнім виглядом й після випробування їх на зріз, відрив і скручування.
- 7 Повторити зварювання на інших пластинах, зменшуючи або збільшуючи один з параметрів режиму: а) зусилля стиску; б) зварювальний струм; в) тривалість увімкнення зварювального струму.
- 8 Оцінити якість зварених точок за зовнішнім виглядом, зруйнувати їх і виявити вплив кожного параметра режиму зварювання на міцність точки.



### ***Б Визначення впливу зусилля стиску й чистоти поверхні деталей на загальний опір зони зварювання***

- 1 Накреслити схему досліду й включити необхідні прилади для вимірювання загального опору зони зварювання.
- 2 Підготувати таблицю для запису даних (див. табл. 4.9).
- 3 Ізолювати один електрод за допомогою фібрової прокладки від корпусу машини або преса.
- 4 Затиснути між електродами під невеликим тиском дві зачищені пластини з низьковуглецевої сталі й заміряти загальний опір зони зварювання.
- 5 Поступово збільшуючи тиск до максимального, повторювати виміри.
- 6 Зачистити пластини й контактні поверхні до металевого блиску й заміряти опору при тих же тисках. Досліди повторити три рази й обчислити середні значення, які внести до табл. 4.10.
- 7 За табличними даними побудувати графік залежності загального опору зони зварювання від зусилля стиску .
- 8 Зусиллям приблизно 2000–5000 Н (200 - 500 кг) стиснути між електродами дві пластини з низьковуглецевої сталі з різним станом їхньої поверхні й заміряти загальний опір зони зварювання. Дослід повторити три рази й обчислити середнє значення.

### ***В Виявлення впливу шунтування струму на розміри й міцність звареної точки***

- 1 Для даної товщини металу підібрати за таблицями режим зварювання й установити його на машині.
- 2 Підготувати таблицю для записів вимірів і спостережень (див. табл. 4.11).
- 3 Зачистити поверхні двох пластин і розмітити їх для зварювання трьома-п'ятьма точками із кроком 6 - 10 мм.
- 4 Зварити точки й маркірувати їх.
- 5 Випробувати точки на відрив і заміряти діаметри ядер.
- 6 Дослід повторити три рази й обчислити середні значення.

### ***Контрольні питання***

- 1 Що входить до основних параметрів режиму точкового зварювання?
- 2 Дайте характеристику м'якому й твердому режиму точкового зварювання.
- 3 Як впливають зусилля стиску, зварювальний струм і тривалість увімкнення струму на міцність й якість звареної точки?

- 4 Опишіть пристрій приладів для визначення зусилля стиску.
- 5 Що входить до загального опору зони зварювання, дати його визначення?
- 6 Як впливає шунтування струму на розміри й міцність звареної точки?

#### **4.3 Звіт про лабораторну роботу № 4**

##### ***Визначення впливу параметрів режиму точкового зварювання на міцність точки***

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання роботи \_\_\_\_\_

##### ***А Виявлення впливу окремих параметрів режиму точкового зварювання на міцність точки***

(Схема увімкнення приладів)

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

##### ***Б Визначення впливу зусилля стиску й чистоти поверхні деталей на загальний опір зони зварювання***

(Схема досліду із включенням приладів)

(Графік залежності загального опору від зусилля стиску)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

##### ***В Виявлення впливу шунтування струму на розміри й міцність звареної точки***

(Ескіз розміченої під зварювання пластини)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_

Таблиця 4.8 – Для записів даних вимірів, обчислень і спостережень

Товщина металу, мм	Характеристика режиму	Щабель потужності	Діаметр контактної поверхні електродів, мм	Зварювальний струм $I_{св}$ , А	Щільність струму, А/мм <sup>2</sup>	Зусилля стиску Р, Н (кг)	Питомий тиск, Н/м <sup>2</sup> (кг/мм <sup>2</sup> )	Тривалість увімкнення струму, з	Результати випробувань
	Нормальний								
	Зі зменшенням одного з параметрів								
	Зі збільшенням одного з параметрів								

Таблиця 4.9 – Для запису результатів вимірювань й обчислень при різних зусиллях стиску

Метал	Товщина металу, мм	Стан поверхні	Зусилля стиску Р, Н (кг)	Загальний опір зони зварювання $R_0$ , мкОм				Примітка
				1-й замір	2-й замір	3-й замір	4-й замір	
		Брудна поверхня						
		Чиста поверхня						



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

### ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ТЕХНОЛОГІЄЮ ТОЧКОВОГО ЗВАРЮВАННЯ НЕРЖАВІЮЧИХ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ СТАЛЕЙ Й АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

#### 5.1 Загальні відомості

Нержавіючі хромонікелеві сталі відносять до аустенітного класу. Ці сталі при охолодженні на повітрі зберігають структуру аустеніту. Найпоширенішими сталями цього класу є нержавіючі сталі X18H9, X18H9T, X18H9B та ін. Хімічний склад сталі X18H9, що випускається згідно з ГОСТ 5632-61: 17 - 19% Cr; 8 - 10% Ni; 0,1 % C; 0,8% Si; 2% Mn. У сталях X18H9T и X18H9B букви Т й Б вказують на наявність у їхньому складі невеликої кількості (0,2 - 0,8%) титана або ніобію.

Значна кількість хрому надає хромонікелевим сталям високу міцність і стійкість проти корозії. При підвищеному вмісті вуглецю в сталях (більше 0,2%) можливе утворення карбідів хрому. Ці карбіди розташовуються по межах зерен, у результаті чого знижується корозійна стійкість металу. З метою зменшення небезпеки випадань карбідів хрому в хромонікелевих сталях повинно бути не більше 0,07% C. Крім цього, для зменшення можливості міжкристалітної корозії до хромонікелевих сталей вводять титан і ніобій. Ці елементи мають більшу карбідоутворюючу здатність, ніж хром, і утворюють карбіди титана або ніобію, попереджаючи тим самим утворення карбідів хрому. У сталях з добавками титану або ніобію вміст вуглецю може бути підвищений до 0,12%.

Особливості точкового зварювання хромонікелевих сталей (табл. 5.1):

1 Через високу міцність сталей при підвищених температурах їх варто зварювати при більших (на 20 - 50%) питомих тисках, ніж звичайні низьковуглецеві сталі.

2 Для зменшення зони розігріву звареної точки й зменшення ймовірності випадання карбідів хрому зварювання варто вести на твердих режимах, тобто з мінімальною тривалістю нагрівання.

3 Оскільки нержавіючі сталі мають досить високий електричний опір і малу теплопровідність, зварювальний струм повинен бути на 10 - 15% меншим, ніж при зварюванні низьковуглецевих сталей.

Серед алюмінієвих сплавів широке застосування знаходять як термічно не зміцнювані сплави (АМц, АМг й ін.), так і термічно зміцнювані (Д16, Д20, В95 й ін.). Нижче наведений хімічний склад алюмінієво-марганцевого сплаву АМц: 1 - 1,6% Mn; до 1% Fe; Al –залишок. Термічно зміцнюваний сплав дуралюмін Д16 містить 3,6 - 4,7% Cu; 1,25 - 1,75% Mg

й 0,3 - 0,9 % Mn. Дуралюмін легко піддається корозії, а тому звичайно його покривають тонким шаром чистого алюмінію (плакують). Тугоплавка плівка окису алюмінію з температурою плавлення близько 2050°C на поверхні деталей перешкоджає одержанню гарного з'єднання. Крім того, електричний опір окисної плівки великий й коливається в дуже широких межах, що приводить до нестабільності результатів зварювання. Видаляти окисну плівку перед зварюванням можна механічним або хімічним способами.

*Таблиця 5.1 – Орієнтовні режими точкового зварювання аустенітної сталі X18H9*

Товщина металу, мм	Діаметр контактної поверхні електродів, мм	Зусилля стиску, кН	Тривалість увімкнення струму, с	Зварювальний струм, кА
0,2	2,5	0,45 – 0,9	0,02 – 0,06	2,0 – 3,0
0,35	3	0,8 – 1,2	0,04 – 0,06	2,5 – 3,5
0,5	4	0,9 – 1,8	0,04 – 0,08	3,0 – 4,0
0,8	5	1,5 – 3,0	0,08 – 0,12	4,0 – 5,0
1,0	5	2,0 – 4,0	0,10 – 0,16	4,5 – 6,0
1,2	6	2,5 – 5,0	0,12 – 0,20	5,0 – 7,0
1,5	7	3,5 – 6,0	0,16 – 0,24	5,5 – 8,0
2,0	8	4,5 – 7,0	0,20 – 0,28	6,0 – 10,0
2,5	8	6,0 – 8,0	0,20 – 0,30	8,0 – 11,0
<i>Примітка.</i> Меншій тривалості увімкнення струму відповідають більші зусилля на електродах і струм.				

При механічному способі деталі перед зварюванням у місцях розташування точок зачищають сталевією щіткою або наждаковим папером №00 або 0. Недолік цього способу – у великій трудомісткості й швидкому окислюванні очищеної поверхні. Тому час між очищенням деталей й їхнім зварюванням не повинен перевищувати 2 - 3 г.

При хімічному способі деталі після знежирення трують у суміші сарнової й хромової кислот. Якість травлення контролюють виміром контактної опору. Хімічне очищення застосовують головним чином у масовому виробництві. Великий вплив на якість зварених точок чинить конструкція електродів. Гарні результати виходять при використанні верхнього електрода зі сферичною контактною поверхнею, що має радіус 40 - 100 мм. Нижній електрод може бути плоским або зі сферичною поверхнею з радіусом 250 мм. Робочу поверхню електродів очищають дрібним наждаковим папером через кожні 50 - 100 точок. З огляду на високу електро- і теплопро-

відність алюмінієвих сплавів, а також низьку їхню температуру плавлення, зварювання проводять із мінімальною зоною нагрівання на твердих режимах, тобто на дуже високому струмі. Зусилля на електродах повинне бути більшим, тому що в іншому разі можливе утворення гарячих тріщин у ядрі точки (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Режимы точкового зварювання алюмінієвих сплавів

Товщина металу, мм	Радіус сферичної поверхні верхнього електрода, мм	$t_{зв}$ , с	$F_{зв}$ , кН (кг)	Зварювальний струм, кА	
				Дуралюмін	Сплав АМц
0,4 + 0,4	40	0,10	0,9 (90)	12	—
0,5 + 0,5	40	0,10	1,2 (120)	13	15
0,6 + 0,6	40	0,12	1,5 (150)	15	—
0,8 + 0,8	40	0,14	1,8 (180)	16	18
1 + 1	40	0,18	2,4 (240)	18	20
1,2 + 1,2	50	0,22	3,0 (300)	22	24
1,5 + 1,5	50	0,26	3,6 (360)	25	26
2 + 2	50	0,30	4,8 (480)	31	—
2,5 + 2,5	100	0,32	5,4 (540)	34	—

Корозійностійкі (нержавіючі) сталі мають високими електричний опір (у 5 - 6 разів більший, ніж у низьковуглецевої сталі), міцність й коефіцієнт лінійного розширення. Зварювання цих сталей виконується на підвищених  $F_{зв}$ , знижених  $I_{зв}$  при відносно малих значеннях  $t_{зв}$  (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Режимы зварювання корозійностійких сталей

Товщина деталей, мм	Параметри режиму зварювання		
	$I_{зв}$ , кА	$t_{зв}$ , з	$F_{зв}$ , кН
0,3	5,0 – 5,5	0,06 – 0,08	1,5 – 2,0
0,5	4,5 – 5,0	0,08 – 0,12	2,5 – 3,0
0,8	4,5 – 5,0	0,12 – 0,16	3,0 – 4,0
1,0	5,0 – 5,7	0,16 – 0,18	3,5 – 4,5
0,2	5,5 – 6,0	0,18 – 0,20	4,5 – 5,5
0,5	6,0 – 7,5	0,20 – 0,24	5,0 – 6,5
2,0	7,5 – 8,5	0,24 – 0,30	8,0 – 9,0
2,5	7,5 – 8,5	0,30 – 0,34	10,0 – 11,0
3,0	9,0 – 10,0	0,34 – 0,38	12,0 – 14,0

Титанові сплави мають високий електричний опір і низьку жароміцність. Ці сплави зварюються на малих  $I_{зв}$  й  $t_{зв}$  (близьких  $I_{зв}$  й  $t_{зв}$  при зварюванні нержавіючих сталей) із застосуванням знижених  $F_{зв}$  (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Режими зварювання титанових сплавів

Товщина деталей, мм	Параметри режиму зварювання		
	$I_{зв}$ , кА	$t_{зв}$ , с	$F_{зв}$ , кН
0,3	4,5 – 5,0	0,04 – 0,08	0,75 – 1,0
0,5	4,0 – 5,0	0,08 – 0,1	1,0 – 1,5
0,8	4,5 – 5,0	0,12 – 0,14	1,5 – 2,0
1,0	5,0 – 5,5	0,14 – 0,16	2,0 – 2,5
0,2	5,5 – 6,0	0,16 – 0,18	2,5 – 3,0
0,5	6,5 – 7,5	0,18 – 0,22	3,0 – 3,5
2,0	8,0 – 9,0	0,24 – 0,26	4,0 – 5,5
2,5	8,5 – 9,5	0,28 – 0,30	6,0 – 7,5
3,0	10,0 – 11,0	0,32 – 0,34	8,0 – 10

Жароміцні сплави мають дуже високу міцність у нагрітому стані, високий електричний опір і підвищену схильність до внутрішніх виплесків й утворення усадочних дефектів у литому ядрі. Зварювання цих сплавів виконується на високих  $F_{зв}$  при малих  $I_{зв}$  і більших  $t_{зв}$  (табл. 5.5).

Таблиця 5.5 – Режими зварювання жароміцних сплавів

Товщина деталей, мм	Параметри режиму зварювання		
	$I_{зв}$ , кА	$t_{зв}$ , с	$F_{зв}$ , кН
0,3	5,0 – 6,0	0,14 – 0,2	4,0 – 5,0
0,5	4,5 – 5,5	0,18 – 0,24	5,0 – 6,0
0,8	5,0 – 6,0	0,22 – 0,34	6,5 – 8,0
1,0	6,0 – 6,5	0,32 – 0,40	8,0 – 10,0
0,2	6,2 – 6,8	0,38 – 0,48	10,0 – 12,0
0,5	6,5 – 7,0	0,50 – 0,62	12,5 – 15,0
2,0	7,0 – 7,5	0,58 – 0,76	15,5 – 17,5
2,5	7,5 – 8,2	0,78 – 0,96	18,5 – 19,5
3,0	8,0 – 8,8	1,0 – 1,3	20,0 – 21,5

Мідні сплави (латуні й бронзи) мають високу електро- і теплопровідність й низьку міцність при нагріванні. При зварюванні цих сплавів застосовуються сильно збільшені  $I_{зв}$  і невисокі  $F_{зв}$ .

Алюмінієві й магнієві сплави характеризуються дуже високою електро- і теплопровідністю, у зв'язку з чим при їхньому зварюванні застосовуються короточасні імпульси струму дуже великого значення. Зварювання магнієвих, а також пластичних (незміцнених) алюмінієвих сплавів, що мають невисоку міцність, здійснюється при низьких  $F_{зв}$ .

Високоміцні алюмінієві сплави, що мають низьку пластичність й підвищену схильність до утворення усадочних дефектів, зварюються на високих  $F_{зв}$  із обов'язковим додаванням куваального зусилля  $F_k$ .



Орієнтовні режими зварювання латуні, алюмінієвих і магнієвих сплавів на машинах змінного струму наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Режими зварювання алюмінієвих і магнієвих сплавів і латуні на машинах змінного струму

Товщина деталей, мм	Параметри режиму зварювання						
	Зусилля електродів, кН		Час увімкнення кувального зусилля, t <sub>к</sub> , с	Параметри струму			
	F <sub>зв</sub>	F <sub>к</sub>		I <sub>зв</sub> , кА	t <sub>к</sub> , с	t <sub>зв</sub> , с	t <sub>сп</sub> , с
Алюмінієві сплави типу Д16АТ							
0,5	2,2	—	—	17	—	0,08	—
	2,0			16	0,04		0,12
0,8	3,5			19	—	0,1	—
	3,0			18	0,04		0,14
1	4,5			24	—	0,12	—
	3,5			23	0,04		0,04
1,5	6,5	—	—	30	—	0,16	—
	5,5	—	—	29	0,06		0,16
	4,5	10	0,24	27	0,06		0,16
2	4,5	12	0,18	28	—	0,20	—
	8	—	—	35	—		—
	7	—	—	33	0,08		0,18
	6,5	12	0,32	31	0,08		0,18
	6,5	15	0,24	32	—		—
Алюмінієві сплави типу АМгАМ							
0,5	1,3	—	—	16	—	0,08	—
0,8	1,9			18		0,1	
1,0	2,5			22		0,12	
1,5	3,5			27		0,14	
2,0	5,0			32		0,18	
Магнієві сплави							
0,8	3,0	—	—	20	—	0,10	—
1,0	4,0			24		0,12	
1,5	5,0			27		0,14	
2,0	7,0			30		0,18	
Латунь типу Л62							
0,5	1,2	—	—	15	—	0,10	—
0,8	1,7			17		0,14	
1,0	2,0			19		0,16	
1,5	3,0			24		0,2	
2,0	4,0			30		0,24	

Режими зварювання, наведені в табл. 5.1 - 5.6, забезпечують формування з'єднань групи А. При необхідності одержання з'єднань іншого розміру режими зварювання підбираються експериментальним шляхом. Для їхнього орієнтовного визначення можна використати також методи подібності, що дозволяють за відомими режимами розрахувати режими зварювання геометрично подібних з'єднань деталей з того ж матеріалу, але іншої товщини. Для одержання геометрично подібних з'єднань параметри режиму зварювання при зміні товщини деталей потрібно змінювати в такий спосіб:

$$F_{зв} \equiv S^2; \quad I_{зв} \equiv S; \quad t_{зв} \equiv S^2.$$

## **5.2 Проведення роботи**

### ***Устаткування й матеріали***

- 1 Машина для точкового зварювання.
- 2 Прилад для вимірювання зусилля стиску (динамометр) або притискування з кулькою й лупою Бринеля.
- 3 Електросекундомір або лічильник імпульсів.
- 4 Мікроомметр М-246.
- 5 Розривна машина.
- 6 Лещата.
- 7 Штангенциркуль.
- 8 Молоток.
- 9 Зубило.
- 10 Набір пластин з нержавіючої сталі й алюмінієвих сплавів.
- 11 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, інструментів і спецодягом.

### ***А Ознайомлення з технологією точкового зварювання нержавіючих хромонікелевих сталей***

- 1 Підготувати таблицю для записів даних вимірів (див. табл. 5.7).
- 2 Для даної товщини металу підібрати за таблицями твердий режим зварювання нержавіючої сталі й настроїти машину.
- 3 Зварити дві пластини трьома окремими точками.
- 4 Зменшити зусилля стиску, заміряти його й повторити зварювання в трьох точках іншої пари пластин.
- 5 Установити первісне зусилля стиску, збільшити тривалість увімкнення струму, заміряти його й зварити третю пару пластин.

6 Визначити для всіх зразків якість звареного з'єднання за зовнішнім виглядом і заміряти діаметр зони кольорів мінливості навколо точки.

7 Зруйнувати зразки, заміряти діаметр литого ядра звареної точки й оцінити якість зварювання за зломом.

### ***Б Визначення впливу чистоти поверхні деталей із алюмінієвих сплавів на загальний опір зони зварювання***

1 Накреслити схему досліду й включити необхідні прилади для вимірювання загального опору зони зварювання.

2 Підготувати таблицю для запису даних вимірів й обчислень (див. табл. 5.8).

3 Ізолювати один електрод фібровою прокладкою від корпусу машини або преса.

4 Затиснути між електродами дві незахищені пластини з алюмінієвого сплаву й замірити загальний опір зони зварювання.

5 Очистити інші пластини механічним способом, а також травленням і повторити виміри загального опору зони зварювання три рази.

### ***В Ознайомлення з технологією точкового зварювання алюмінієвих сплавів***

1 Підготувати таблицю для запису даних вимірів і спостережень (див. табл. 5.9).

2 Для даної товщини металу підібрати за таблицями твердий режим зварювання алюмінієвого сплаву й настроїти машину.

3 Зварити дві незахищені пластини трьома окремими точками.

4 Зачистити механічним способом дві пластини й зварити їхніми трьома точками.

5 Протравити дві пластини й зварити їхніми трьома точками.

6 Визначити для всіх зразків якість звареного з'єднання за зовнішнім виглядом.

7 Зруйнувати зразки, заміряти діаметр литого ядра звареної точки й оцінити якість зварювання по зламу.

### ***Контрольні питання***

1 Викладіть особливості зварювання нержавіючих сталей.

2 Як обирається й встановлюється режим точкового зварювання нержавіючих сталей?

3 Як впливає величина зусилля стиску й тривалість увімкнення струму на якість звареної точки?

- 4 Викладіть особливості зварювання алюмінієвих сплавів.
- 5 Як обирається й встановлюється режим точкового зварювання алюмінієвих сплавів?
- 6 Як впливає зачищення поверхні деталей, що зварюють, з алюмінієвих сплавів на величину загального опору зони зварювання і якість звареної точки?

### 5.3 Звіт про лабораторну роботу № 5

#### *Ознайомлення з технологією точкового зварювання нержавіючих сталей і алюмінієвих сплавів*

Прізвище студента \_\_\_\_\_  
Група \_\_\_\_\_ Дата виконання \_\_\_\_\_

#### *А Ознайомлення з технологією точкового зварювання нержавіючих хромонікелевих сталей*

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)  
Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Таблиця 5.7 – Для записів даних вимірювань й обчислень

Метал	Товщина металу, мм	Характеристика режиму	Щабель потужності	Зусилля стиску, Н	Тривалість увімкнення, з	Діаметр зони кольорів мінливості, мм	Діаметр литого ядра, мм	Результати огляду й випробувань
		Нормальний						
		Твердий						
		Зі зниженим зусиллям стиску						
		Зі збільшеною тривалістю увімкнення струму						

## **Б Визначення впливу чистоти поверхні деталей з алюмінієвих сплавів на загальний опір зони зварювання**

(Схема досліду із включенням приладів)

*Примітка.* При вимірюванні опорів амперметром і вольтметром до таблиці необхідно внести додатково графі: «Струм» й «Спадання напруги».

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

*Таблиця 5.8 – Для записів даних вимірів й обчислень*

Метал	Товщина металу, мм	Спосіб підготовки поверхні	Загальний опір зони зварювання, мкОм				Примітка
			1-й замір	2-й замір	3-й замір	4-й замір	
		Без підготовки					
		Механічне зачищення					
		Травлення					

## **В Ознайомлення з технологією точкового зварювання алюмінієвих сплавів**

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_

*Таблиця 5.9 – Для записів даних вимірювань й обчислень*

Метал	Товщина металу, мм	Спосіб підготовки поверхні	Діаметр литого ядра звареної точки, мм	Результати огляду й випробування
		Без підготовки		
		Механічне зачищення		
		Травлення		

**ВИВЧЕННЯ ЦИФРОВОГО РЕГУЛЯТОРА ЦИКЛУ ЗВАРЮВАННЯ  
СЕРІЇ РКС**

**6.1 Загальні відомості**

Для керування тривалістю окремих операцій і послідовністю циклу зварювання на точкових і рельєфних машинах застосовують різні регулятори часу. Найпростіший регулятор часу – електромеханічний. У сучасних машинах автоматичної дії застосовуються різні види апаратури керування: уніфіковані електронні блоки, регулятори циклу зварювання типу РВИ, електронні цифрові регулятори циклу зварювання серії РКС.

Регулятори призначені для керування зварювальним циклом контактних машин і функціонують у закритих приміщеннях. Навколишнє середовище повинне бути невибухонебезпечним, яке не містить струмопровідного пилу, агресивних газів і пари у концентраціях, що руйнує метали й ізоляцію.

Типи й призначення регуляторів (керування зварювальним циклом) наведені нижче:

- РВИ-501 – для керування машинами контактного зварювання змінного струму з постійним зварювальним зусиллям;
- РВИ-504 – для керування машинами контактного зварювання змінного струму з постійним зварювальним зусиллям;
- РВИ-703 – для комплектації підвісних машин контактного зварювання з постійним зусиллям;
- РВИ-801 – для керування машинами контактного зварювання змінного струму з постійним зварювальним зусиллям;
- РВС-4 – для керування зварювальними серійними одноточковими, сітковими машинами, пістолетами з ручним керуванням;
- РВЭ-7-1А-2 – для комплектації однофазних машин контактного зварювання;
- РКМ-86 – для комплектації точкових, рельєфних і шовних машин, низькочастотних і з випрямленням у вторинному контурі;
- РКМ-803 – для комплектації одно- та двохпостових контактних машин змінного струму, використовуваних для зварювання загального призначення;
- РКМ-1501-1 – для регулювання величин зварювального струму з адаптацією до умов зварювання точкових, рельєфних і шовних машин;
- РКС-801 – для комплектації однофазних машин контактного зварювання, що мають тиристорний контактор.

Регулятори серії РКС взаємозамінні між собою й з аналоговими регуляторами серії РЦС того ж призначення з використанням елементів «Логіка - Т», що серійно випускалися раніше (РЦС - 301, РЦС - 403, РЦС - 502, РЦС - 503).

Однак вони містять ряд нових вузлів і блоків завдання основних параметрів процесу зварювання й керування зварювальним струмом із принципово новими вузлами автоматичного настроювання режиму на коефіцієнт потужності навантаження зварювальної машини. Застосування цих вузлів дозволяє відмовитися від проведення настроювання режиму зварювання в умовах виробництва, збільшити використання машини за струмом (встановленої потужності) і підвищити продуктивність при зварюванні за рахунок скорочення часу позиції «Зварювання» у загальному циклі зварювання.

### ***Керування зварювальним струмом у регуляторах серії РКС***

В однофазних машинах контактного зварювання керування діючим значенням зварювального струму здійснюється тиристорним контактором, увімкнення якого на час позиції циклу «Зварювання» імпульсами з фазовим регулюванням виконується від регулятора циклу. Значення зварювального струму залежить від рівня напруги на вторинній обмотці зварювального трансформатора, що задає перемикачем щаблів з боку його первинної (мережної) обмотки, повного опору вторинного контуру й кута увімкнення тиристорів контактора.

Зміна діючого значення зварювального струму за допомогою фазового регулювання можлива тільки у бік його зменшення від відповідного значення повнофазного струму, тобто при будь-яких змінах параметрів навантажувального контуру й властивостей матеріалів, що зварюють, повинне дотримуватися  $\alpha \geq \varphi_n$  умова ( $\alpha$  – кут відкриття тиристора;  $\varphi_n$  – зрушення фаз між напругою мережі й повнофазним струмом). Недотримання цієї умови приводить до режиму однонапівперіодного випрямлення струму в первинній обмотці трансформатора, швидкому його насиченню й аварійному відключенню режиму, близького до короткого замикання з боку первинної (мережної) обмотки трансформатора.

### ***Характеристика серії регуляторів РКС-502, РК С-801***

Серійний випуск цих регуляторів почався з 1987 р. відповідно до загальних технічних умов ТУ 16-421.037-85, а з 1988 р. вони почали замінювати регулятори РКС-501, РКС-601, РКС-901, випуск яких припинений.

Ця серія регуляторів дозволяє збільшити ступінь автоматизації стаціонарних і підвісних однофазних машин контактного зварювання, розширити можливості застосування цих машин в автоматизованих комплексах і лініях при керуванні ними від центральних ЕОМ, забезпечує можливість їхньої роботи одночасно з різними системами автоматичного регулювання й керування якістю зварених з'єднань.

Регулятори РКС виконані у вигляді окремих приладів настільного типу, що з'єднують зі зварювальною машиною за допомогою рознімання. На лицьовій панелі розташовані всі елементи для установки режиму роботи, тривалості кожної позиції циклу, для керування зварювальним струмом і світловою сигналізацією. Увімкнення регуляторів здійснюється при подачі напруги живлення на зварювальну машину після замикання двох контактів керування машиною (педалі).

У положенні перемикача роду роботи «Одиночне зварювання» регулятори при увімкненій педалі дозволяють виконувати тільки один цикл зварювання. Для здійснення наступного зварювання необхідно розімкнути й знову замкнути педаль. У положенні перемикача «Серія зварювань» при замкнутому ланцюзі педалі регулятори автоматично повторюють установлений цикл зварювання, причому позиція «Попереднє обтиснення» виключається із циклу після проходження першого зварювання. При розмиканні педалі до моменту початку проходження позиції «Зварювання» цикл переривається, при розмиканні педалі на початку цієї позиції цикл доходить до кінця. Усі регулятори мають тумблер режиму роботи «Зі зварюванням» й «Без зварювання».

Поряд з розширенням функціональних можливостей регуляторів кількість моделей нової серії вдалося скоротити до двох типів: п'яти- і восьми-позиційних — РКС-502 і РКС-801 (рис. 6.1) відповідно. Обидва регулятори розміщені в корпусі, що має габарити регуляторів РКС-501 і РКС-601. У нових регуляторах, завдяки наявності блоку автоматичного настроювання на коефіцієнт потужності машини, цей пристрій можна вимикати, якщо буде потреба, тумблером на лицьовій панелі без переналагоджень регуляторів, що виключають перехід роботи устаткування в аварійний режим.



*Рисунок 6.1 – Регулятор циклу контактного зварювання РКС-801*



Залежність якості зварювання від великої кількості факторів (геометрія вузлів, особливості складання, тепло- та електрофізичні властивості матеріалів, характеристики машини, електричні параметри режиму зварювання й т.д.) не дозволяє створити універсальну ефективну систему автоматичного керування процесом зварювання по збурюванню всіх факторів або за яким-небудь критерієм якості зварювання.

Вплив будь-якої системи керування на процес зварювання визначається лише зміною значення зварювального струму й тривалості його протікання (без урахування впливу зусилля стиску електродів).

Тому в регуляторах РКС-502 і РКС-801 уведені вузли зовнішнього дистанційного керування зварювальним струмом й обмеження часу зварювання, що дозволяє використати будь-які датчики процесу зварювання в різних системах автоматичного регулювання й керування зварюванням, а також здійснювати широкий вибір режимів зварювання й перехід з одного режиму на будь-який інший.

Для більш рівномірного завантаження фаз живильної мережі при роботі великої кількості однофазних машин у регуляторах РКС-502 і РКС-801 уведені вузли затримки увімкнення зварювального струму наприкінці позиції «Стиск» до приходу сигналу про дозвіл. Для здійснення можливості формування цього розв'язного сигналу кожний регулятор видає логічний сигнал на час протікання зварювального струму.

Циклограми роботи регуляторів РКС-502 і РКС-801 представлені на рис. 6.2.

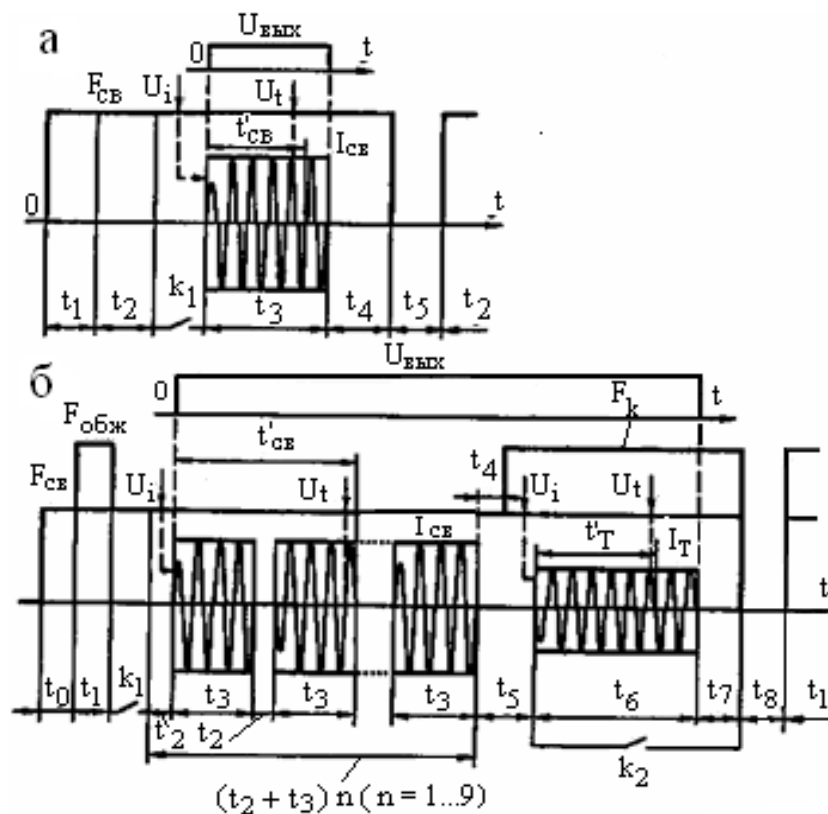


Рисунок 6.2 – Циклограми роботи регуляторів РКС-502 (а) та РКС-801 (б)

Регулятор РКС – 502 забезпечує роботу зварювальної машини за циклом: «Попереднє обтиснення» ( $t_1$ ), «Стиск» ( $t_2$ ), «Зварювання» ( $t_3$ ), «Проковування» ( $t_4$ ) і «Пауза» ( $t_5$ ). У режимі «Серія зварювань» позиція «Попереднє обтиснення» спрацьовує лише в першому циклі.

Тривалість кожної позиції циклу може встановлюватися дискретно в діапазоні 1 - 99 періодів частоти живильної мережі через один період й у діапазоні 4 - 396 періодів з дискретністю чотири періоди при увімкненому множнику на 4. Затримка циклу наприкінці позиції «Стиск» умовно показана у вигляді розімкнутого ключа  $K_1$  на рис. 6.2, а. На час  $t_3 - t_6$  регулятор забезпечує увімкнення транзисторного оптрона, здатного комутувати зовнішню напругу із припустимим рівнем до 15 В при струмі до 5 мА. Затримка циклу зварювання на позиції «Стиск» (до замикання ключа  $K_1$ ), а також припинення протікання зварювального струму ( $U_t$ ) забезпечується при подачі зовнішніх вхідних сигналів з рівнем напруги ( $5 \pm 0,5$ ) В при споживанні струму до 15 мА.

Рівень напруги вхідного сигналу  $U_t$  для керування значенням зварювального струму в діапазоні 100 - 50% від повнофазного струму становить відповідно 0 - 10 В при споживанні струму до 15 мА.

Регулятор РКС-801 має вісім регульованих й одну нерегульовану за тривалістю позицію зварювального циклу: «Попереднє обтиснення» (нерегульована,  $t_0$ ), «Стиск» ( $t_1$ ), «Охолодження» ( $t_2$ ), «Зварювання 1» ( $t_3$ ), «Проковування» ( $t_5$ ), «Зварювання 2» ( $t_6$ ), «Проковування 2» ( $t_7$ ), «Пауза» ( $t_8$ ), затримка увімкнення підвищеного зусилля проковування щодо кінця позиції «Зварювання 1» – «Затримка кування» ( $t_4$ ) (рис. 6.2, б).

Тривалість позиції «Попереднє обтиснення» ( $t_0$ ) становить 30 періодів частоти мережі, позицій  $t_1$ ,  $t_3$ ,  $t_5$ ,  $t_6$ ,  $t_7$ ,  $t_8$  – 1-99 періодів, позицій  $t_2$  й  $t_4$  – 1-9 періодів. Регулятор споряджений множником на 2 усіх позицій циклу з дискретністю установки два періоди. Параметри сигналів керування напругами  $U_i$ ,  $U_b$ ,  $U_{вих}$  і ключем  $K_1$  такі ж, як і для регулятора РКС-502. Передбачено тумблер (ключ  $K_2$ ), що дозволяє виключити із циклу позиції термообробки ( $t_6 + t_7 = 0$ ).

Для позиції «Зварювання 1» передбачений режим пульсуючого зварювання з повторенням ( $t_2 + t_3$ ) від 1 до 9 разів. Фронт першого імпульсу зварювального струму «Зварювання» може бути модульований із часом наростання до 0,12 - 0,28 с.

Крім робочого зусилля на електродах  $F_{зв}$  у регуляторі РКС-801 передбачена можливість додатка двох підвищених зусиль – попереднього обтиснення  $F_{обт}$  на час позиції «Стиск» ( $t_1$ ) і кувального  $F_k$  із затримкою його додатка ( $t_4$ ) до закінчення останнього імпульсу зварювального струму «Зварювання 1». Основні параметри регуляторів РКС наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Технічні характеристики регуляторів контактного зварювання

Тип		РКМ–86	РКМ–803	РКС–801
Елементна база		Мікропроцесорна система керування	Мікропроцесорна система керування	На інтегральних мікросхемах
Напруга живлення	В	220	220	220, 380
Споживана потужність	В. А	50	60	–
Кількість регульованих витримок часу зварювального циклу	–	7	8	—
Кількість імпульсів зварювального струму	–	1 – 999	0 – 10	$(1 - 9) \pm 1$
Кількість імпульсів зварювального струму з нагріванням	–	0 – 999	0 – 10	—
Межі регулювання часу зварювального циклу:	—	—	—	30, 60
– попередній стиск	Періодів	0 – 999	0 – 510	1 – 99, 2 – 198
– стиск	Періодів	0 – 999	0 – 510	1 – 99
– імпульс I (перший)	Періодів	0 – 999	0 – 510	1 – 99, 2 – 198
– інтервал	Періодів	0 – 999	0 – 510	1 – 99
– імпульс II (другий)	Періодів	0 – 999	0 – 510	2 – 198
– початок кування	Періодів	0 – 999	0 – 510	1 – 99
– проковування	Періодів	0 – 999	0 – 510	2 – 198
– пауза	Періодів	0 – 999	0 – 510	1 – 99
Межі регулювання діючого значення зварювального струму (фазове регулювання)	%	50 – 100	30 – 100	–

Продовження таблиці 6.1

Тип		РКМ–86	РКМ–803	РКС–801
Тривалість наростання переднього фронту імпульсу зварювального струму (модуляції)	Періодів, не менше	–	–	–
Зміна діючого значення зварювального струму при коливаннях напруги живильної мережі від 0,9 до 1,05 номінального значення (стабілізація струму)	%	$\pm 3$	$\pm 3$	(коливання від -10% до +5%) 3
Межі підстроювання на коефіцієнт потужності навантаження	$\cos \varphi$	–	–	–
Параметри імпульсів керування тиристорами:				
а) амплітуда вихідної напруги на опорі 6 Ом $\pm 5\%$ :				
– не менше	В	24	20	$20 \pm 5$
– не більше	В	40		
б) тривалість імпульсу на рівні 15 У:				
– не менше	Періодів	150	200	$200 \pm 100$
– не більше	Періодів	200		
Параметри сигналу для живлення пристроїв постійного струму	В	24 – 40	$24 \pm 2,5$	$24 \pm 2,5$
	А	0,5 – 1	0,5	0,5
Кількість вихідних пристроїв	–	16	2	–
Маса, не більше	кг	6	–	–

## *Функціональні вузли регуляторів*

Принципи побудови цифрових регуляторів циклу зварювання серії РКС, а також самі принципові електричні схеми окремих вузлів і блоків є загальними для радіоелектронних і вимірювальних пристроїв із застосуванням елементів обчислювальної техніки.

Вузол джерела живлення служить для забезпечення всіх блоків регуляторів напругою необхідних рівнів, форм і стабільності. Він складається з лінійних компенсаційних стабілізаторів, що забезпечують напругу 5 В для живлення мікросхем серії К155 зі струмом навантаження 0,55 - 0,56 А для РКС-502 й 0,72 - 0,74 А для РКС-801, 12 В та - 12 В – для живлення схем пуску й фазового регулювання. Вузол забезпечує також живлення транзисторних підсилювачів електропневматичних клапанів напругою із середнім значенням 24 В, підсилювачів імпульсів керування тиристорним контактором – нестабілізованою напругою 24 В й вузла тактування – змінною напругою 24 В. У каналах 5 В та 12 В застосований захист від короткого замикання в ланцюзі навантаження.

Вузол встановлення «0» живлення призначений для установки лічильників і тригерів у вихідне положення при увімкненні регулятора в мережу.

Вузол тактування виробляє три серії тактових імпульсів «1ТИ», «2ТИ», «3ТИ», зміщених у часі між собою. Ці імпульси тривалістю 100 мкс і частотою повторення, рівній частоті живильної мережі, служать для керування роботою лічильників і регістрів, для одержання всіх необхідних керуючих сигналів: рахункових імпульсів, що формують сигнали установки в різні стани тригерів пам'яті, сигнали підготовки до роботи окремих елементів, імпульсів блокування, захисту й ін. Побудова принципових електричних схем регуляторів з використанням цих серій тактових імпульсів і сигналів на їхній основі забезпечило високий рівень захисту регуляторів від впливу зовнішніх і внутрішніх перешкод.

Вузол пуску формує сигнал «Пуск» при натисканні педалі зварювальної машини й забезпечує захист від помилкових увімкнень регулятора при розімкнутому ланцюзі педалі.

Вузол підсилювачів призначений для посилення імпульсів керування тиристорним контактором, сформованих у вузлі фазового керування, сигналів з вузла позицій для включення клапанів привода стиску машини й для комутації сигнальних світлодіодів вузла індикації.

Вузол захисту забезпечує захист ланцюгів живлення клапанів від перевантажень за струмом. Він має два канали: 1) швидкодіючий, що спрацьовує при перевищенні струмом навантаження рівня 1,5 А, і 2) з відносно низькою швидкодією (кілька десятків мікросекунд), з рівнем спрацьовування 1 А і повністю, що відключає підсилювач, живлення клапанів. При спрацьовуванні захисту вмикається світлодіод «Захист». Скидання захисту здійснюється при знятті живлення з регулятора.

Вузол індикації призначений для візуального подання інформації про роботу регулятора. Він складається зі світлових індикаторів, що вмикаються при наявності напруги на регуляторі «Мережа», при увімкненні кожного клапана привода стиску машини «Клапан» (один для РКС-502 і два для РКС-801), при відпрацьовуванні позицій «Зварювання» для РКС-502 й «Зварювання 1», «Зварювання 2» – для РКС-801.

Вузол фазового регулювання служить для керування фазою імпульсів увімкнення тиристорного контактора залежно від положення перемикача «Нагрівання» і від напруги живильної мережі в положенні тумблера із увімкненою стабілізацією струму. Вузол містить схему синхронізації й корекції, а також трансформатор, що подає напруга з тиристорів контактора для забезпечення автоматичного настроювання на коефіцієнт потужності машини.

Вузол завдання програми призначений для завдання різних циклограм, режимів роботи зварювальної машини й інтервалів часу позицій зварювального циклу. Він складається з програмних перемикачів десятків й одиниць, що задають тривалості позиції (крім положення «0» - «0» на будь-якій позиції) і числа імпульсів зварювання для РКС-801, «Нагрівання» – для установки рівня зварювального струму, «Наростання» – для зміни тривалості наростання фронту пакета імпульсів зварювального струму в РКС-801, тумблерів «Множник на 2» або «Множник на 4» – для установки часу позицій циклу, вимикання підвищувальних зусиль для РКС-801, стабілізації струму, установки режимів зі зварювальним струмом або без нього, «Одиночне зварювання» або «Серія зварювань» і вимикання режиму термообробки для РКС-801.

Вузол позицій служить для послідовного виконання позицій зварювального циклу, керування вузлами фазового регулювання й підсилювачів, вузлом скидання тригерів і лічильників після проходження відліку тривалості позиції й наприкінці циклу. Вузол лічильників забезпечує відлік тимчасових інтервалів позицій зварювального циклу й відлік числа імпульсів пульсуючого зварювання в РКС-801.

Вузол решифраторів перетворить двійковий код з вузла лічильників у десятковий код для узгодження з декадними перемикачами вузла завдання програми.

Вузол зовнішнього керування призначений для затримки циклу на позиції «Стиск», керування рівнем і тривалістю протікання зварювального струму й видачі логічного сигналу на час увімкнення струму.

### ***Принцип дії регуляторів***

Принцип дії регуляторів серії РКС в основному не відрізняється від принципу дії регуляторів циклу зварювання інших типів. Він полягає в послідовному відліку декількох технологічних інтервалів часу, включенні в певні інтервали живлення вихідних пристроїв (клапани привода стиску й

тиристорний контактор) і здійсненні всіх необхідних блокувань режиму зварювання. Число послідовно відлічуваних інтервалів часу в кожному регуляторі РКС визначається числом розрядів кільцевого регістра зрушення, що може працювати в одноцикловому й багатocyкловому режимах – відповідно в режимах «Одиночне зварювання» й «Серія зварювань».

При увімкненні регулятора в мережу (подачі напруги на зварювальну машину) запалюється світловий індикатор «Мережа» на лицьовій панелі й після встановлення напруги стабілізованих джерел живлення вузол установки «0» живлення виробляє сигнал, що переводить у нульовий вихідний стан усі тригери вузла позицій, лічильників імпульсів і ряду допоміжних ланцюгів. Вузол тактування виробляє серії тактових імпульсів, що припиняють подальше проходження сигналів. Імпульси керування з вузла фазового регулювання шунтування транзисторними ключами й не надходять на вхід вихідних підсилювачів. Вихідний стан усіх елементів схеми регуляторів зберігається до увімкнення педалі зварювальної машини.

При натисканні педалі сигнал з вузла пуску через ряд елементів і допоміжних тригерів за тактовим імпульсом «2ТИ» встановлює в робочий стан тригер лічильника позиції «Попереднє обтиснення» й одночасно видає стробуючий імпульс для надходження синхроімпульсів «1ТИ» у вузол лічильників. У вузлі лічильників починається відлік позиції «Попереднє обтиснення» й одночасно через керуючі схеми, що виділяють інтервал роботи клапана привода стиску, подається сигнал на увімкнення підсилювача клапана й підсилювач індикації його увімкнення. Якщо струм у ланцюзі клапана перевищить припустимий рівень, з вузла захисту у вузол підсилювача надійде заборонний сигнал і підсилювач клапана вимкнеться. Одночасно з цим у вузлі індикації вмикається світлодіод «Захист». Зазначений захист передбачений лише в регуляторах РКС-502, РКС-801.

При відліку декадними лічильниками десятків й одиниць періодів (схема із природним порядком рахунку), що відповідають їхньому числу, встановленому перемикачами тривалості позиції «Попереднє обтиснення», і збігу кодів у лічильнику й перемикачах цієї позиції зі схеми дешифраторів надходить сигнал високого рівня, що через ряд схем збігу видає імпульс про закінчення тривалості цієї позиції. За тактовими імпульсами «2ТИ», «3ТИ» й інверсний сигнал «1ТИ» за допомогою допоміжних тригерів «Позиція», «Підготовка», «Зрушення» формуються з певним зрушенням у часі сигнали, що встановлюють лічильники у вихідний нульовий стан, а тригер регістра «Стиск» – у робочий стан.

При увімкненні тригера «Стиск» починається відлік встановленої тривалості цієї позиції. Точно так само після закінчення відліку тривалості позиції «Стиск» формується сигнал закінчення позиції й виробляються сигнали, що встановлюють у вихідний нульовий стан лічильники тривалості позицій, а за сигналом «Зрушення» відбувається установка регістра вузла позицій у наступний стан «Зварювання» («Зварювання 1») і аналогічно здійснюється увімкнення інших розрядів регістра.

З початком відліку позиції «Зварювання» з вузла позицій у вузол фазового регулювання надходить стробуючий сигнал «Зварювання», що дозволяє надходження сформованих імпульсів до вузла підсилювачів, звідки вони надходять до тиристорного контактора. Крім того, протягом цієї позиції з вузла підсилювачів надходить сигнал для увімкнення індикаторного світлодіода «Зварювання».

У регуляторі РКС-801 у режимі багатоімпульсного зварювання відбувається блокування сигналу «Зрушення» і формується сигнал для відліку другого й наступного імпульсів «Охолодження» й «Зварювання» до збігу коду лічильника числа імпульсів із установленим перемикачем числом (від 2 до 9) імпульсів пульсуючого зварювання.

З початком відліку наступної позиції зникає стробуючий сигнал «Зварювання», припиняється надходження імпульсів керування до тиристорного контактора і гасне світлодіод «Зварювання».

Після відліку позиції «Проковування» («Проковування 2») починається відлік позиції «Пауза», з початком якої сигнал, що надходить із вузла позицій до вузла підсилювачів, зникає, вимикається клапан приводу стиску машини й гасне світлодіод «Клапан».

По закінченні позиції «Пауза» вмикається тригер «Цикл» і за черговим імпульсом «Зрушення» формується сигнал «Кінець циклу», що встановлює в нульовий стан тригери вузлів позицій і лічильників. У положенні перемикача «Одиночне зварювання» сигнал «Кінець циклу» встановлює в нульовий стан тригери позицій «Попереднє обтиснення» й «Стиск», приводячи, таким чином, усі регістри позицій у вихідний стан. При цьому навіть при наявності сигналу «Пуск» при увімкненій педалі повторне увімкнення регістра не відбувається (блокування нульовим виходом тригера «Цикл»).

При встановленні режиму «Серія зварювань» при увімкненій педалі після закінчення позиції «Пауза» починається відлік позиції «Стиск» і наступне відпрацьовування циклів зварювання. Тригер «Цикл» встановлюється в нульовий стан по закінченні позиції «Стиск».

У режимах «Одиночне зварювання» й «Серія зварювань» регістр позицій забезпечує проходження зварювального циклу до кінця при вимиканні сигналу «Пуск» (педалі машини) після початку позиції «Зварювання» («Зварювання 1»). Це здійснюється схемою збігу сигналів нульового виходу тригера «Зварювання» й «Пуск» і формуванням спеціального сигналу («Установка 0 педалі») установки регістра позицій у вихідний стан.

При керуванні регуляторами РКС-502 і РКС-801 за допомогою зовнішніх електричних сигналів подача сигналу, що затримує зварювальний цикл на позиції «Стиск», блокує сигнал збігу, що надходив раніше до вузла позицій. Цикл, дійшовши до позиції «Стиск», зупиняється на цій позиції. При цьому лічильники тривалості цієї позиції (одиниці й десятки) продовжують рахунок.



При надходженні сигналу, що обмежує тривалість проходження зварювального струму, з вузла зовнішнього керування до вузла фазового регулювання надходить сигнал, що блокує надходження до вузла підсилювачів імпульсів керування тиристорним контактором. При цьому число напівхвиль зварювального струму залишається парним незалежно від моменту надходження обмежуючого сигналу.

При подачі сигналу, що задає ззовні рівень зварювального струму, фаза керуючих імпульсів змінюється відповідно до рівня зовнішнього сигналу, змінюючи, таким чином, позицію «Нагрівання». Під час проходження позиції «Зварювання» у РКС-502 і позицій «Зварювання 1», «Проковування 1», «Зварювання 2» з вузла позицій до вузла зовнішнього керування надходить сигнал, що забезпечує надходження на додаткове рознімання зовнішнього керування вихідного логічного сигналу.

### ***Конструкція регуляторів***

Регулятори виконані у вигляді окремих блоків. Основною несучою частиною їх є шасі з металевої панелі з відбортуннями й кріпильними отворами. На шасі встановлені два блоки й два трансформатори, що є силовою частиною схеми, і відділені екраном три блоки (друковані плати) керуючої частини. Шасі з'єднано з передньою й задньою панелями чотирма скобами. На задній панелі розташовані рознімання (по одному для РКС-501, РКС-601, РКС-901 і по два для РКС-502, РКС-801) і бобишка заземлення. Вихідні рознімання в РКС-501, РКС-601 і РКС-901 за допомогою металевого корпусу, а вихідні рознімання й рознімання для зв'язку із зовнішніми керуючими пристроями в РКС-502 і РКС-801 за допомогою пластмасового корпусу. Регулятори поміщені в металеві корпуси, що складаються із днища й кожуха, у яких є отвори для охолодження елементів. Кріплення регуляторів до зварювальної машини здійснюється через днище за допомогою чотирьох різьбових отворів у нижніх скобах.

На передній панелі розміщені всі органи керування й індикації, а також рукоятки для перенесення регуляторів. Гвинти кріплення закриті фальшпанеллю з написами й позначеннями органів керування.

На рис. 6.1 наведений загальний вид регуляторів РКС-502 і РКС-801. Розміри лицьових панелей і габарити регуляторів РКС-501, РКС-601, РКС-502 і РКС-801 збігаються.

У лівій частині передньої панелі регулятора РКС-502 у два ряди розташовані програмні перемикачі завдання тривалості позицій (по два перемикачі на позицію – десятки й одиниці періодів частоти мережі) з нанесеними зверху символами: «Попереднє обтиснення», «Стиск», «Зварювання» – у верхньому ряді й «Проковування», «Пауза», перемикач «Нагрівання» – у нижньому.

У правій верхній частині нанесені символи над відповідними світлодіодами індикації (зліва вправо): «Клапан», «Зварювання», «Аварійне вимикання при перевантаженні», «Мережа увімкнена».

У правій нижній частині розташовані тумблери з відповідними символами (зліва вправо і знизу нагору): «Одиночне зварювання» – «Серія зварювань», множник «x1» – «x4», стабілізація струму «Увімкнено» – «Вимкнено», перемикач режиму роботи «Зі струмом» – «Без струму».

У регулятора РКС-801 (див. мал. 6.1) у лівій частині передньої панелі у два ряди розташовані програмні перемикачі з відповідними символами над ними: «Стиск», «Охолодження», «Зварювання 1», «Проковування 1», «Зварювання 2» – по два перемикачі на кожен позицію, крім «Охолодження», – у верхньому ряді й «Проковування 2», «Пауза» (по два перемикачі на позицію), «Затримка кування», перемикачі числа імпульсів пульсуючого зварювання, тривалості наростання першого зварювального імпульсу, «Нагрівання 1» й «Нагрівання 2» (по одному перемикачу) – у нижньому ряді. У правій верхній частині нанесені символи над відповідними їм світлодіодами індикації «Клапан 1», «Клапан 2», «Аварійне вимикання при перевантаженні», «Зварювання», «Мережу увімкнено».

У правій нижній частині розташовані тумблери з відповідними символами (зліва вправо і знизу нагору): «Одиночне зварювання» – «Серія зварювань», множник «x1» – «x4», стабілізація струму «Вимкнено» – «Увімкнено», перемикач режиму роботи «Зі струмом» – «Без струму».

У регулятора РКС-801 (див. мал. 6.1) у лівій частині передньої панелі у два ряди розташовані програмні перемикачі з відповідними символами над ними: «Стиск», «Охолодження», «Зварювання 1», «Проковування 1», «Зварювання 2» – по два перемикачі на кожен позицію, крім «Охолодження», – у верхньому ряді й «Проковування 2», «Пауза» (по два перемикачі на позицію), «Затримка кування», перемикачі числа імпульсів пульсуючого зварювання, тривалості наростання першого зварювального імпульсу, «Нагрівання 1» й «Нагрівання 2» (по одному перемикачу) – у нижньому ряді. У правій верхній частині нанесені символи над відповідними їм світлодіодами індикації «Клапан 1», «Клапан 2», «Аварійне вимикання при перевантаженні», «Зварювання», «Мережу увімкнено».

У правій нижній частині у два ряди розміщені тумблери з відповідними їм символів увімкненню символами режиму. Верхній ряд із чотирьох тумблерів такий самий, як і у РКС-502, за винятком множника «x2» – «x1». У правому нижньому ряді розміщені три тумблери: «Вимкнено – Увімкнено підвищене зусилля попереднього обтиснення», «Вимкнено – Увімкнено підвищене зусилля кування», «Термообробку вимкнено» (шість позицій циклу) – «Термообробку увімкнено» (вісім позицій циклу). У самому нижньому правому куті регуляторів РКС-502 і РКС-801 встановлений запобіжник живлення від мережі.

## **6.2 Проведення роботи**

### ***Устаткування й матеріали***

- 1 Електронний регулятор часу в комплекті з точковою машиною.
- 2 Електросекундомір або лічильник імпульсів.
- 3 Мідна пластина товщиною 5 - 8 мм, охолоджувана проточною водою.
- 4 Опис, креслення й схеми електронного регулятора часу.
- 5 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, з інструментом і спецодягом.

### ***А Ознайомлення з конструкцією регулятора контактного зварювання***

- 1 Вивчити пристрій регулятора контактного зварювання, усвідомити призначення основних вузлів і схематично замалювати лицьову панель регулятора.
- 2 Розібратися в електричній схемі регулятора й ознайомитися з її роботою.
- 3 Скласти діаграму робочого циклу регулятора.
- 4 Описати призначення регулювальних рукояток і вказати межі регулювання окремих витримок часу.
- 5 Скласти технічну характеристику.

### ***Б Визначення ціни розподілу шкал регулятора контактного зварювання***

- 1 Накреслити схему досліду й включити електросекундомір або лічильник імпульсів для виміру часу «Зварювання».
- 2 Підготувати таблицю для записів даних вимірів (див. табл. 6.2).
- 3 Виміряти час зварювання на першому щаблі трансформатора для декількох положень ручки потенціометра «Зварювання». Як зварювану деталь варто використати мідну пластину, охолоджувану водою.
- 4 Результати вимірів записати до таблиці й зрівняти їх з паспортними даними.
- 5 За даними досліду визначити погрішність і виразити її у відсотках.

### ***Контрольні питання***

- 1 Яке призначення регулятора контактного зварювання?
- 2 Накресліть діаграму циклів витримок часу регулятора контактного зварювання.

3 Яке призначення окремих витримок часу, забезпечуваних регулятором контактного зварювання?

4 Для яких машин може бути використаний регулятор контактного зварювання?

5 У яких межах можна змінювати час зварювання за допомогою регулятора контактного зварювання РКС-801?

### 6.3 Звіт про лабораторну роботу № 6

#### *Вивчення цифрового регулятора циклу зварювання серії РКС*

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання \_\_\_\_\_

#### *А Ознайомлення з конструкцією електронного регулятора часу*

(Загальна схема регулятора з позначенням окремих вузлів)

(Діаграма робочого циклу)

Технічна характеристика (див. табл. 6.1)

#### *Б Визначення ціни розподілу шкал електронного регулятора часу*

(Схема увімкнення приладів)

Таблиця 6.2 – Для записів даних вимірів

Розподіл шкали	Витримка часу «Зварювання», з					
	Заміряна		Паспортна		Похибка ( $\pm$ %)	
	Діапазон 1	Діапазон 2	Діапазон 1	Діапазон 2	Діапазон 1	Діапазон 2

Розрахунок відсотка похибки \_\_\_\_\_

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7**

### **ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ШОВНИХ (РОЛИКОВИХ) КОНТАКТНИХ МАШИН ТА ЗВАРЮВАННЯ НА НИХ НИЗЬКОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ**

#### **7.1 Загальні відомості**

Машини для шовного зварювання розрізняються: за родом зварювального струму (змінного, постійного струму, низькочастотні, конденсаторні); за характеру установки (стаціонарні, підвісні); по розташуванню роликів (поперечне, поздовжнє, універсальне); по способу передачі крутного моменту на зварювальні ролики (осьовий і радіальний за допомогою шарошок, привод й ін.); по способу підведення зварювального струму до зварюваної конструкції (однобічний або двосторонній струмопідвід); за призначенням (загального або спеціального); за видом зварювання (безперервна, переривчаста, крокова); за видом зварювального циклу (напівавтоматичні, автоматичні), за характером руху деталей, що зварюють, у процесі зварювання (безперервне, переривчасте, крокове).

За компонованням та конструкцією більшості вузлів шовні машини подібні до точкових.

Основні вузли шовних машин для контактного зварювання: станина (корпус); зварювальний трансформатор з перемикачем щаблів потужності; елементи вторинного контуру (хоботи, контактні колодки й електроди у вигляді роликів); механізм стиску; механізм обертання роликів; система струмопідвода до обертових роликів; пневматична схема з елементами пневмоапаратури; система водяного охолодження; що вмикає й вимикає пристрої; переривник струму шовний. Основною відмінністю є те, що зварювальні електроди виконані у вигляді обертових роликів, у зв'язку з чим машини обладнані приводом обертання й кінематичних вузлів, що здійснюють підвищення крутного моменту приводу з одночасним зниженням частоти обертання й передачу його до зварювальних роликів. Зварювальні ролики встановлюються в спеціальних електродних пристроях, за допомогою яких здійснюється передача на ролики зварювального струму й зварювального зусилля. У ряді машин застосовуються пристрої для профілювання й зачищення зварювальних роликів. Напрямні пристрої ряду шовних машин відрізняються від аналогічних пристроїв точкових машин у зв'язку з додатковими навантаженнями, що виникають від крутного моменту.

Пневматичні приводи стиску, пневматичні пристрої, системи охолодження корпусу, струмопідводи істотно не відрізняються від аналогічних вузлів точкових машин.

Розглянемо пристрій кожного з цих вузлів.

Станина зварна або лита служить для кріплення на ній інших вузлів. Зварювальний трансформатор для шовних машин за своїм пристроєм подібний до трансформатора для стикових і точкових машин, але пристосований для роботи з більшою тривалістю увімкнення. Для більшості трансформаторів ПВ становить 50% й більше.

Елементи вторинного контуру шовної машини аналогічні елементам вторинного контуру точкової машини. Різниця тільки в тому, що в них замість конічних електродів встановлюють електроди у вигляді плоских роликів, що приводяться в обертання спеціальними механізмами.

*Електродні пристрої.* У машинах, що випускають у теперішній час, застосовуються в основному два види електродних пристроїв:

- пристрій з ковзним контактом по типу «вал – втулка» (МШ-2201, МШ-2202, МШ-3401, МШВ-4002, МШВ-7501, МШВ-8001, МШЛ-150);
- пристрій з ковзним контактом, розвантаженим від передачі зварювального зусилля (МШ-3207, МШ-3208, МШ-3404, МШМ-1, МШВ-1601, МШК-2002, МШВ-1202, МШВ-6303, МШН-7501, МШН-8501).

На рис. 7.1 показана конструкція приводного верхнього електродного пристрою машин МШ-2202 і МШ-3401.

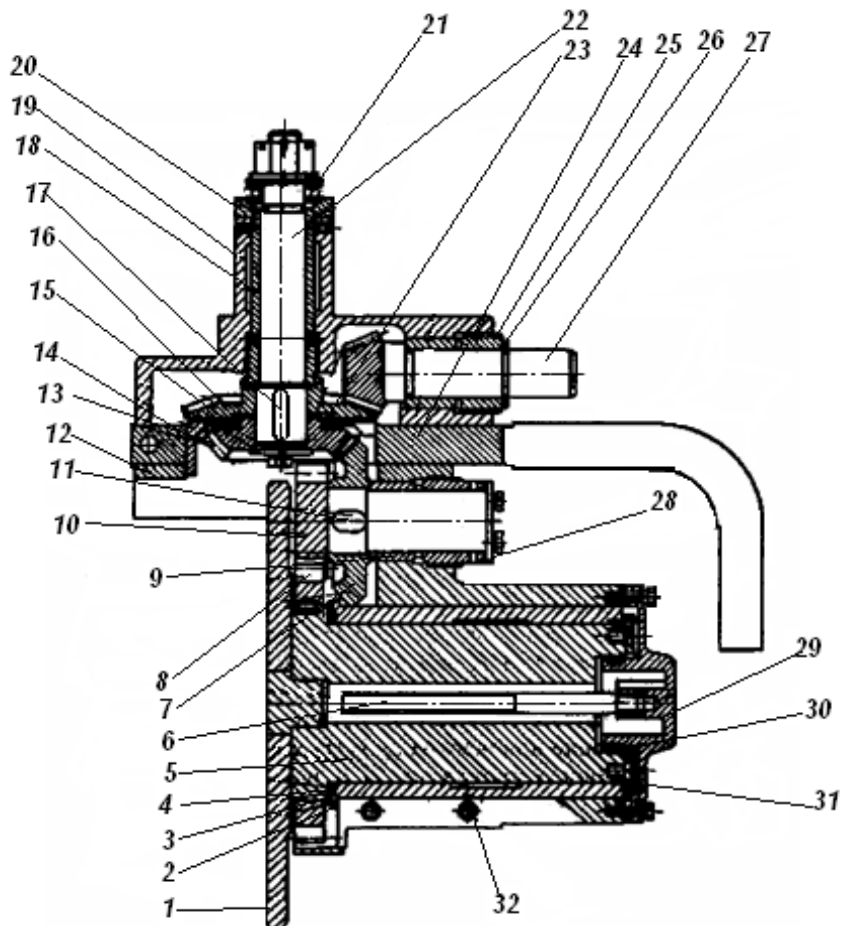


Рисунок 7.1 – Верхній електродний пристрій машин МШ – 2202 та МШ – 3401

Особливістю його є універсальність, тобто здатність виконувати зварювання як поперечних, так і поздовжніх швів. Конструкції вузла передачі обертання на зварювальний ролик, розміщений у цьому пристрої, і деталей, що здійснюють передачу зварювального струму, виконані з урахуванням забезпечення мінімальної трудомісткості переналагодження з поперечного зварювання на поздовжнє й назад.

Пристрій складається з струмопередаючого мідного корпусу 12, скріпленого зі струмопідвідним косинцем 24 і кришкою 19. У корпусі за допомогою гвинтів 32 затиснута підшипникова втулка 2, у якій обертається електродний вал 5 із закріпленням на ньому зварювальним роликом 1. Ізоляційне кільце 3 служить для запобігання шунтування струму між торцями вала й втулки. Обертання на зварювальний ролик передається із шарнірного вала через зубчасті колеса 27, 16, 13, 7, 10 й 8.

Вхідне зубчасте колесо 27 виконане як одне ціле з валом, встановленим у підшипниковій втулці 25 за допомогою розрізного кільця 26 та шарнірного вала, що з'єднується з вилкою, що передає обертання від редуктора.

Вал 22, на якому за допомогою шпонки 17 і шайби 15 закріплені конічні зубчасті колеса 16 й 13, встановлений у підшипниковій втулці 18 за допомогою проміжної упорної втулки 20 й упорного шарикопідшипника 21. Зубчасте колесо 10, на якому закріплено за допомогою шпонки 11 конічне зубчасте колесо 7, встановлене в підшипниковій втулці 9 за допомогою шайби 28.

Поверхня тертя вала 5 і втулки 2 є струмопередаючим ковзним контактом, що змащується через маслянку (не показана) за допомогою спеціального шприца, що під'єднаний до машини, графітокасторовим змащенням. Повстяне кільце 4 запобігає витіканню змащення з ковзного контакту. Змащення підшипників ковзання інших обертових валів виконується за рахунок прес-маслянки. Охолоджуюча вода підводиться до косинця 24, далі через ніпель кришки 29 по трубі 6 – в електродний вал й відводиться через вихідний ніпель кришки 29. Манжета 30 запобігає витіканню води з каналів системи охолодження.

При переналагодженні машини з поперечного зварювання на поздовжнє необхідно вивернути гвинти й повернути поворотну частину на  $90^0$  уліво (якщо дивитися з боку роликів), потім ввернути гвинти й закріпити пристрій.

Електродні пристрої з розвантаженими ковзними контактами мають такі переваги:

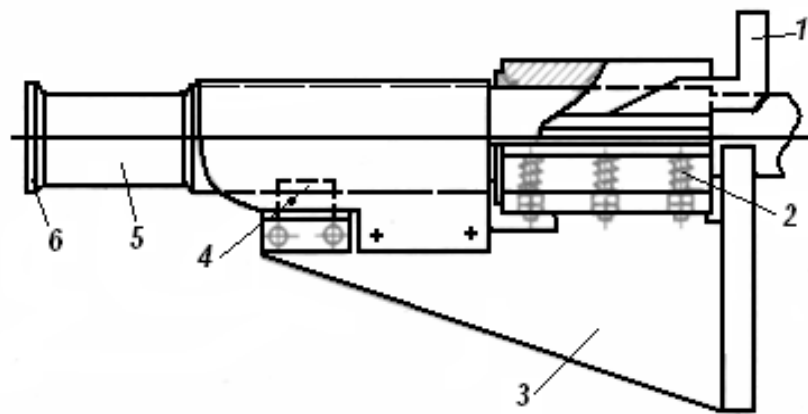
- електричний опір – стабільний й низький протягом усього терміну служби, що виключає вплив ступеня зношування ковзних контактів на значення зварювального струму;
- зварювальні ролики залишаються паралельними один до одного протягом усього терміну служби вузла, тому що електродні вали встановлені в підшипниках кочення, зношування яких дуже мале, що сприятливо впливає на якість зварювання;

- передача зварювального струму за допомогою підпружинених контактних колодок істотно зменшує вплив погрішностей виготовлення й збирання деталей на роботу вузла й забезпечує тривалий термін служби ковзного контакту, по мірі зношування якого працездатність зберігається завдяки тому, що «плаваючі» колодки залишаються надійно підтиснутими до обох контактних поверхонь;

- герметично закритий вузол із заповненням внутрішньої порожнини змащенням забезпечує не тільки підвищення терміну служби, але й забезпечує мінімальні витрати води для охолодження, тобто витрати на обслуговування й ремонт зменшуються.

Система струмопідвода являє собою ковзні струмопідводи через обертові струмоведучі осі, на яких кріпляться роликові електроди. Як тертьові матеріали використовують алюмінієву або олов'янисту бронзу, а також сплав ЭВ, що мають низький коефіцієнт тертя ковзання і які забезпечують надійний електричний контакт. Для змащення тертьових поверхонь застосовується графітовий порошок з касторовим маслом.

У струмопідводі до нижнього ролика (рис. 7.2) хвостовик мідної контактної колодки 1 з'єднаний із вторинним витком трансформатора. Струмоведучий вал 5 притиснутий до колодки за допомогою шести пружин 2, розташованих по обидва боки. Роликовий електрод 6 прикріплений до вала за допомогою шпильок і гайок. Для сприйняття зусилля на кінці кронштейна 3 встановлені два роликових підшипника 4.



*Рисунок 7.2 – Конструкція струмопідвода до нижнього ролика*

Система водяного охолодження служить для охолодження вторинного витка зварювального трансформатора, контактних колодок, хоботів і роликових електродів. Для цього в струмоведучих частинах свердлять отвір. Іноді по периферії охолоджуваної поверхні приварюють трубки, по яких тече вода. Охолодження роликових електродів може бути внутрішнім або зовнішнім. В останньому випадку проточна вода підводиться до роликів по мідних або латунних трубках і відпрацьована зливається в піддон.



Напрямні пристрої забезпечують вибірку зазорів між сполученими тертьовими поверхнями при складанні, а також у міру зношування елементів привода стиску.

*Приводи обертання.* У більшості машин змінного струму загального призначення, що випускали раніше, застосовувалися приводи з електромагнітною муфтою типу ПМСМ трьох типорозмірів: ПМСМ-1,7; ПМСМ-4; ПМСМ-6, що випускалися Харківським електроапаратним заводом.

До приводу входять: агрегат, що складається з електродвигуна й електромагнітної муфти ковзання; тахогенератор типу ТМГ-30П зі шківом; блок ПМС-У безконтактного регулювання частоти обертання; перемикач швидкості.

Трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором закріплений фланцем на корпусі муфти, усередині якого розміщений індуктор й якір. Індуктор закріплений на веденому (вихідному) валу муфти й складається з двох зубчастих дисків, між якими встановлена обмотка збудження. Якір виконаний у вигляді масивного порожнього циліндра й закріплений на валу електродвигуна.

Система регулювання є імпульсною із твердим зворотним зв'язком за швидкістю. Як датчик швидкості застосований тахогенератор, зв'язаний клиноремінною передачею з вихідним валом муфти.

При увімкненні приводного електродвигуна (частота обертання якого постійна) якір починає обертатися. Постійний струм, що протікає по обмотці індуктора, викликає магнітний потік. У зв'язку з наявністю в індукторі полюсів (зубців і пазів) у якорі наводиться електрорушійна сила, що викликає появу в якорі вихрових струмів. У результаті взаємодії струму якоря з магнітним потоком полюсів індуктора виникає електромагнітний момент, під дією якого ведений вал починає обертатися в той самий бік, що й ведучий. Основною умовою виникнення обертаючого електромагнітного моменту є ковзання, що залежить від струму порушення й моменту навантаження. Тому на вихідному валу муфти при постійному моменті навантаження можна одержати зміну частоти обертання, змінюючи струм порушення. Недоліками такого приводу є невисока надійність і висока інерційність.

У нових машинах загального призначення й більшості спеціальних машин застосовуються тиристорні приводи серії ЭТ чотирьох типорозмірів: ЭТ1Е1-2, ЭТ1Е2-24, ЭТ1Е2-25, ЭТ1Е2-27.

Регулювання частоти обертання таких приводів здійснюється вниз від номінальної шляхом зміни напруги на якорі двигуна при постійній напрузі порушення. Крутий момент на валу двигуна при регулюванні частоти обертання зберігається постійним.

Ці приводи виконані зі зворотнім зв'язком по ЕРС і випускаються комплектно. До комплекту входять електродвигун постійного струму серії 2ПН, блок регулювання, дросель, задатчик частоти обертання. Приводи забезпечують плавне регулювання частоти обертання в межах 1:50.

Більш новими й досконалими є приводи обертання типу  $\text{ЭПУ2-1}$ , вони більш надійні в експлуатації, ніж приводи  $\text{ЭТ1}$ . Ці приводи складаються з електродвигуна серії 2ПН, блоку введення, блоку керування, реактора, задатчика частоти обертання.

Блок введення містить чотири швидкодіючих запобіжники для захисту від короткого замикання й реактор, призначений для вимикання нелінійних перекручувань мережі й взаємного впливу електроприводів при роботі від загальної мережі, для обмеження комутаційного струму через вентилі керованого тиристорного випрямляча блоку керування й для зниження  $di/dt$ , що збільшує надійність напівпровідникових приладів.

Блок керування містить: датчик ЕРС, призначений для здійснення зворотного зв'язку й виділення сигналу, пропорційного ЕРС електродвигуна; регулятор ЕРС, призначений для вирахування із сигналу завдання сигналу зворотного зв'язку й посилення різницевого сигналу; керований тиристорний випрямляч (КТВ), призначений для перетворення змінної напруги в регульовану випрямлену напругу, що подається на якір електродвигуна; систему фазового-імпульсно-фазового керування, призначену для виробітку й видачі в певні моменти часу керуючого імпульсу на КТВ; пристрій струмообмеження, призначений для обмеження максимального струму електродвигуна; стабілізатор напруги обмотки збудження, призначений для живлення постійним струмом обмотки збудження електродвигуна; джерело живлення, призначене для живлення ланцюгів керування й задатчиків частоти обертання.

Реактор призначений для поліпшення форми струму електродвигуна, що знижує його нагрівання й поліпшує використання електродвигуна по моменту потужності.

Вмикаючі та вимикаючі пристрої для увімкнення й вимикання первинної обмотки зварювального трансформатора: механічні вимикачі, тиристорні контактори. Як пристрої, що регулюють цикл зварювання, застосовують регулятори типу РКС, РВИ й ін.

Переривники струму дозволяють здійснювати шовне зварювання з безперервною або переривчастою подачею зварювального струму. Для переривання струму у ланцюг первинної обмотки трансформатора включають переривники струму. Вони бувають механічні, ігнітронні (застарілі) і ін.

У механічному асинхронному переривнику кулачкового типу (рис. 7.3) замикання й розмикання контактів 1 й 2, включених у ланцюг первинної обмотки трансформатора, відбувається за допомогою роликів 4, укріплених на диску 3. Диски обертаються від електродвигуна. Установлюючи на диску те або інше число роликів, можна одержувати різну частоту переривань струму.

Сучасні переривники струму поєднують регулятор циклу зварювання й тиристорний контактор й є причіпною конструкцією, встановлюваною поруч або на машині. Перевагою переривників є функціональна завершеність (наявність в одній конструкції пристрою керування й силового комутуючого пристрою), що дозволяє використати їх як при модернізації машин, так і при розробці нових серійних, особливо спеціалізованих і багатоелектродних машин, і як зварювальне оснащення роботів.

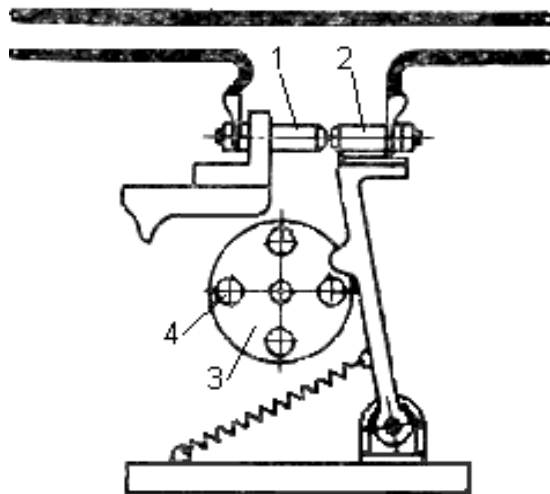


Рисунок 7.3 – Механічний асинхронний переривник кулачкового типу

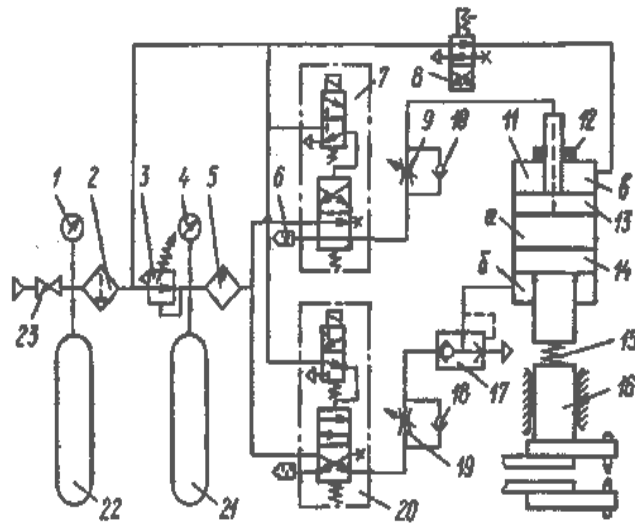
Функціональні можливості переривників визначаються типом використовуваного регулятора й контактора (табл. 7.1).

Таблиця 7.1 – Технічні характеристики переривників струму

Параметри	Тип переривника		
	ПК-200	ПК-1200	ПКТ-1200
Область застосування переривника	Точкові й шовні машини з постійним зусиллям		Точкові й рельєфні машини зі змінним зусиллям
Тип регулятора	РВИ-501		РВИ-801
Тип контактора	КТ-07	КТ-12	
Номінальний комутований струм, при $T_B = 50\%$ і тривалості імпульсу 0,5 с, А	270	1500	
Охолодження	Повітряне	Водяне	
Габаритні розміри, мм	500x360x590		
Маса, кг	32	37	

Механізм стиску залежно від потужності машини може бути педальним (пружинним), електромеханічним і пневматичним. За своєю конструкцією механізми стиску мало відрізняються від аналогічних механізмів для точкових машин, але повинні забезпечити прикладення зусилля до деталей що зварюють, протягом досить тривалого часу зварювання.

На рис. 7.4 зображена типова принципова схема пневматичного приводу стиску. Він є поршневым приводом пресового типу із проковуванням і додатковим ходом, що працює при нормальному тиску живлення від пневмомережі.



*Рисунок 7.4 – Принципова схема пневматичного приводу стиску*

Привод містить силовий пневмоциліндр 11, робочий поршень 14, додатковий поршень 13 з регулювальною гайкою 12, що направляє пристрій 16, пружний елемент (компенсатор) 15, пневморозподільвачі з електропневматичним керуванням (електропневматичні клапани) 7 й 20, вихлопний клапан 17, дроселі 9 й 19 зі зворотними клапанами 10 й 18, редукційний клапан 3, фільтр-волововідділювач 2, маслорозпилювач 5, мережний ресивер 22, проміжний ресивер 21, манометри 1 й 4, глушитель 6, кран 8 і вентиль 23. Умовні позначки елементів приводів виконуються відповідно до ГОСТ 2.781-68.

Стиснене повітря з мережі через запірний вентиль 23 надходить до фільтру-волововідділювача 2, що очищує повітря від механічних домішок й вологи. У деяких машинах застосовуються мережні ресивери 22, що служать для згладжування пульсацій тиску в мережі. Далі повітря надходить до редукційного клапана 3, що дозволяє встановлювати необхідний робочий тиск на виході й підтримує його постійним у процесі роботи. Для підвищення стабільності робочого тиску застосовується проміжний ресивер 21. Після редукування тиску повітря проходить маслорозпилювач 5, що насичує повітря розпиленням мастилом, і направляється до пневморозподільвача з електропневматичним керуванням 7 й 20.

Розглянутий привод містить два трилінійних пневморозподільювача нормально закритого типу, які управляються від регулятора циклу зварювання (РЦЗ). У положенні, показаному на рис. 7.4, пневморозподільювач 7 закритий і з'єднує камеру *a* пневмоциліндра з атмосферою. Пневморозподільювач 20 під дією поданої на нього від РЦЗ напруги відкритий і подає стиснене повітря до камери *б*. Робочий поршень приводу 14 перебуває у верхньому вихідному положенні, упираючись у додатковий поршень 13.

За допомогою крана 8 повітря з нескороченим мережним тиском подається до камери *в* циліндра, завдяки чому додатковий поршень 13 розташовується внизу. Положення поршня 13 і робочий хід приводу можна регулювати за допомогою гайки 12. При знятті сигналу *a* привод одержує можливість переміщатися на додатковий хід.

Регульовані дроселі 9 й 19 призначені для обмеження швидкості переміщення приводу й досягнення по можливості безударної його зупинки. Глушники 6 знижують шум підчас випуску повітря в атмосферу.

Пружний елемент 15 забезпечує легку рухливість верхнього електрода машини при тепловому розширенні деталей у процесі зварювання. Крім того, цей елемент зменшує ймовірність заклинювання приводу й трохи знижує ударне навантаження при зіткненні електрода з деталлю. Завдяки пружному елементу можна вимірювати й контролювати зусилля на електродах за величиною зсуву повзуна щодо штока поршня.

Під силовим циклом приводу розуміється залежність створюваного приводом зусилля на електродах від часу.

Пневматичний привод за схемою (рис. 7.4) дає можливість формувати різні силові цикли зі східчастою зміною зусилля, що включають зварювальне зусилля, кувальне зусилля й зусилля попереднього обтиснення. Розглянутий привод дозволяє також одержувати цикли із двоступінчастим наростанням або зниженням зварювального зусилля, але без обтиснення й проковування.

Шарошки й пристрої для профілювання й зачищення. Шарошки й пристрої для зачищення й профілювання застосовуються в основному в машинах, призначених для зварювання сталей з покриттями (освинцьованих, оцинкованих).

Шарошка виконується цільною зі сталі марки Х12Ф1 твердістю HRC 52-58, із гладкою поверхнею сполучення зі зварювальним роликком і неглибокими (0,6 мм) зубцями на обох бічних похилих поверхнях.

Зачищення робочої поверхні зварювального ролика при зварюванні легких сплавів (зокрема, на машині МШВ-1201) виконується за допомогою наждакового паперу з підкладкою з м'якої гуми, що дозволяє паперу щільно облягати зачищувану поверхню. Тримач, у якому закріплений папір і підкладка за допомогою гайок, що забезпечують швидке знімання й заміну паперу, у свою чергу, закріплений у скобі, яка зв'язана зі штоком пневма-

тичного циліндра, закріпленого на електродному пристрої за допомогою кронштейна. Пристрій постійно підтиснутий до зварювального ролика за допомогою пружини.

Зачищення виконується шляхом поступальних переміщень штока назад у площині ролика й по дотичній до його робочої поверхні.

Підтримування заданого профілю роликів здійснюється шляхом обточування за допомогою верхнього різця й нижнього фасонного різця.

Спочатку різці встановлюються з мінімальним зазором до зварювального ролика. Зняття стружки починається в міру роздавлювання робочої поверхні ролика. Періодично подача, а також відвід різців здійснюються за допомогою ходового гвинта з маховичком і гайки, розміщеної в пазу супорта, що переміщається в напрямку кронштейна, закріпленого на корпусі електродного пристрою. Після переміщення виробляється фіксація ходового гвинта за допомогою гайки. Різці затискуються в розташованому на супорті тримачі за допомогою болтів.

### ***Шовні машини змінного струму***

До серійних машин загального призначення відносять такі моделі: МШ-2201, МШ-2202, МШ-3401, МШ-3207, МШ-3208, призначені для зварювання низьковуглецевих і нержавіючих сталей без покриттів. Основні параметри шовних машин змінного струму представлені в табл. 7.2.

Керування зварювальним струмом у цих машинах (увімкнення, вимикання, регулювання тривалості імпульсів і пауз, фазове регулювання) виконується за допомогою переривника зварювального струму, вбудованого всередину машини або встановлюваного окремо.

На рис. 7.5 зображена машина МШ-3207 для поперечного зварювання. Приводним у цій машині є нижній ролик, тому привід обертання, що складається з тиристорного приводу 9 (типу ЭТ1Е2-24), редуктора 8, сполучної пружної втулично-пальцевої муфти 10, чавунної підставки 11 й шарнірного вала 1, розташований під зварювальним трансформатором 7.

Привод зусилля 4 сполучає пневматичний циліндр і напрямний пристрій. Для регулювання зварювального зусилля в широких межах пневматичний циліндр виконаний зі штоком великого діаметра (110 мм) і управляється від двох електропневматичних клапанів 5 й 6. При увімкненні обох клапанів повітря надходить й до верхньої (надпоршневої), і до нижньої (підпоршневої) камери циліндра - забезпечуються малі зварювальні зусилля. При увімкненні одного клапана повітря надходить тільки до верхньої камери – забезпечуються більші зварювальні зусилля. Налагодження на роботу в діапазоні малих або великих зусиль здійснюються заздалегідь за допомогою перемикача.

Конструкція зварювального трансформатора дозволяє регулювати вторинну напругу в широких межах за рахунок перемикавання первинних обмоток з паралельного з'єднання на послідовне.

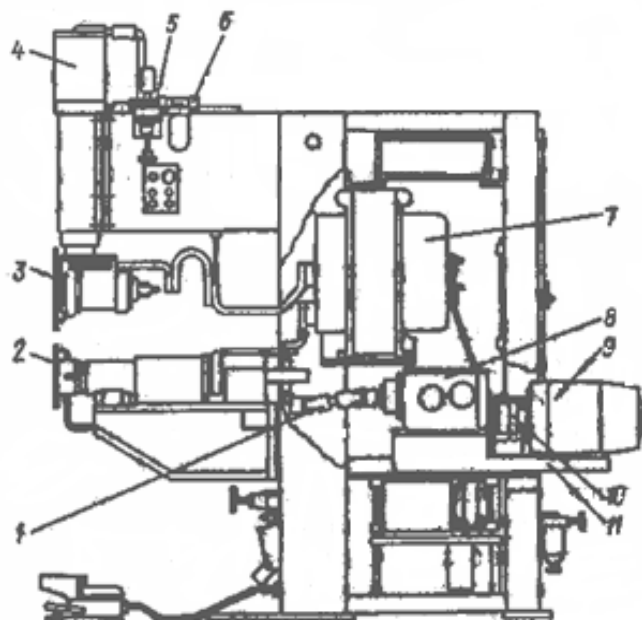
Таблиця 7.2 – Технічні характеристики машин для шовного зварювання змінним струмом

Параметр	Тип машини					
	МШ 2201	МШ 2202	МШ 3401	МШ 3207	МШ 3208	МШ 3404
Номінальна первинна напруга, В	380					
Номінальна частота, Гц	50					
Номінальна потужність, кв·А	71	127	323	270		250
Номінальний первинний струм, А	186	335	850	710		655
Найбільший вторинний струм, кА	22		34	32		34
Номінальний тривалий вторинний струм, кА	11,25	14	22			32
Межі регулювання вторинного струму, % від номінального значення	100 – 30					
Межі регулювання тривалості імпульсу зварювального струму, періоди	1 – 19	1 – 20				
Межі регулювання тривалості пауз, періоди	1 – 20					
Діапазон рекомендованих товщин деталей з низьковуглецевої сталі, що зварюють, мм	0,4 - 1,5	0,5 – 1,8	0,8 – 3	0,3 – 3		0,8 – 3
Номінальний виліт, мм	400	800				400
Хід верхнього зварювального ролика, мм	50	70		50		40
Межі регулювання швидкості зварювання, м/хв	0,8 – 4,5	0,4 – 4,8		0,4 – 6		0,5 – 4,5
Номінальне зусилля стиску, кН	5	8		12,5		
Число шаблів регулювання коефіцієнта трансформації	8	6		12		6
Межі зміни коефіцієнта трансформації	109 – 213	60 – 80	35 – 51	42 – 124		50 – 72
Опір постійному струму вторинного контуру, Ом	65*10 <sup>-6</sup>	40*10 <sup>-6</sup>	25*10 <sup>-6</sup>			15*10 <sup>-6</sup>

Продовження таблиці 7.2

Параметр	Тип машини					
	МШ 2201	МШ 2202	МШ 3401	МШ 3207	МШ 3208	МШ 3404
Коефіцієнт потужності при номінальній вторинній напрузі в режимі короткого замикання ( $\cos\phi$ )	0,53	0,31	0,26	0,27	0,25	0,34
Витрата зведеного повітря, м <sup>3</sup> /г	1	1,5	2,3	2		
Витрата холодної води, л/г	450	1100	2500	2000		2500
Габаритні розміри, мм:						
висота	1770	2300	2360	2030	2030	2080
ширина	510	610	610	650	1025	960
довжина	1465	2215	2215	2130	2095	1680
Маса, кг	620	1350	1700			





*Рисунок 7.5 – Машина зварювальна типу МШ-3207*

Електродні пристрої 2 й 3 виконані із застосуванням «розвантажених» ковзних контактів. Конструкції всіх вузлів виконані з урахуванням можливості установки машин у потокових лініях з важкими умовами експлуатації, великим навантаженням і тривалими міжремонтними циклами.

Перевага приводного нижнього ролика полягає в тому, що він істотно розширює технологічні можливості машини, тому що забезпечує надійну роботу навіть за умови установки ролика малого діаметра (зварювання донець обичайки).

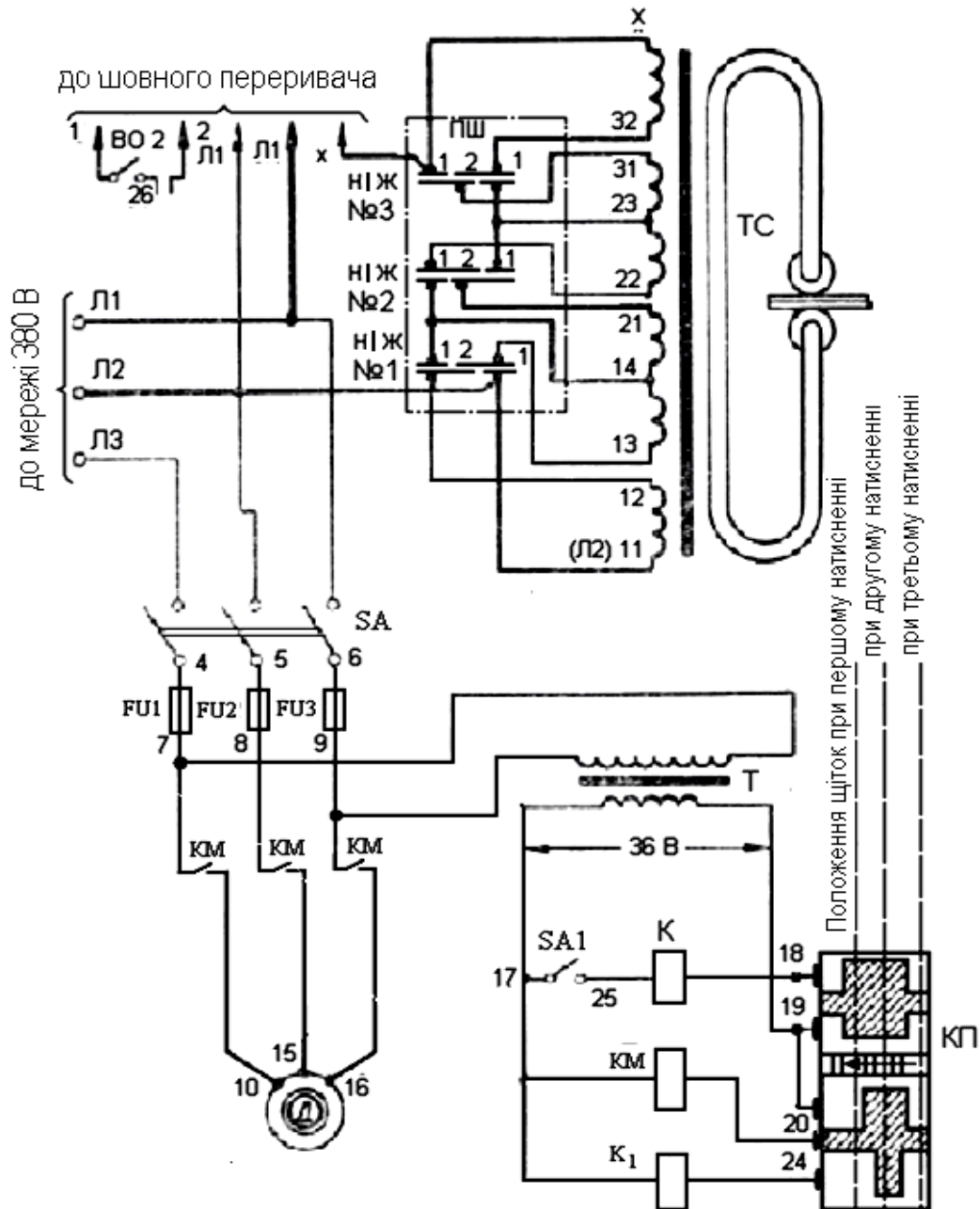
Виступання зварювальних роликів за передню площину машини дозволяє зварювати різні ємності по відбортунню наявності виступаючих над відбортунням частин, а також допускає попарне встановлення машин однієї навпроти іншої при необхідності зварювання одразу двох паралельних швів.

Типова електрична схема машин серії МШ наведена на рис. 7.6. Типова кінематична схема наведена на рис. 7.7.

### ***Вплив параметрів режиму зварювання низьковуглецевої сталі на якість звареного шва***

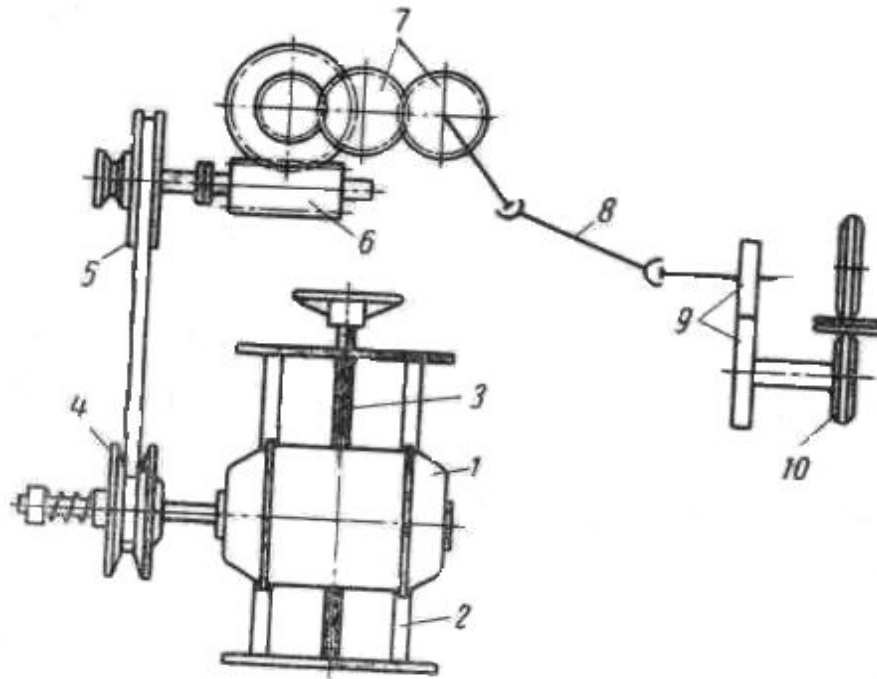
Шовне зварювання, як і точкове, застосовується головним чином при з'єднанні деталей внапуск й служить для одержання герметичних швів, а також для підвищення продуктивності при зварюванні окремими точками. При шовному зварюванні обов'язковим є одержання литої зони, ширина якої  $d$  є основним параметром з'єднання. Іншими параметрами, що характеризують з'єднання, є відповідно до ГОСТ 15878–79 величини проплавлення  $h_1$  й  $h_2$ , глибини вм'ятини  $g$  й  $g_1$ , довжина литої зони  $l$ , крок точок  $l_1$ , величина перекриття литих зон шва  $f$ , величина напустки  $B$  і відстань від

осі шва до краю напустки  $u$  (рис 7.8). Відповідно до ГОСТ 15878- 79 при шовному зварюванні можуть бути отримані з'єднання групи А і групи Б, що відрізняються шириною литої зони й величиною напустки (табл. 7.3). Група з'єднання повинна встановлюватися при проектуванні залежно від вимог до звареної конструкції й особливостей процесу зварювання. Вимоги до величини проплавлення, глибини вм'ятин і величини напустки при шовному зварюванні такі ж, як і при точковому.



$ТС$  – трансформатор зварювальний з перемикачем щаблів;  
 $Д$  – електродвигун;  $КМ$  – магнітний пускач;  $Т_1$  – трансформатор мереж управління;  $К$  – клапан електромагнітний мембранний;  $SA$  – вимикач пакетний;  $SA_1$  та  $SA_2$  – вимикачі однополюсні тиску й струму;  $K_1$  – реле;  
 $FU_1 - FU_3$  – запобіжники;  $КП$  – кнопка педальна

Рисунок 7.6 – Типова електрична схема машин серії МШ



1 – електродвигун для обертання ролика; 2 – направляючі переміщення електродвигуна; 3 – гвинт; 4 – конічний розсувний диск; 5 – шків редуктора; 6 – черв'як; 7 – змінні шістерні; 8 – карданний вал; 9 – змінні шістерні карданного вала; 10 – нижній зварювальний ролик

Рисунок 7.7 – Кінематична схема шовних машин серії МШ

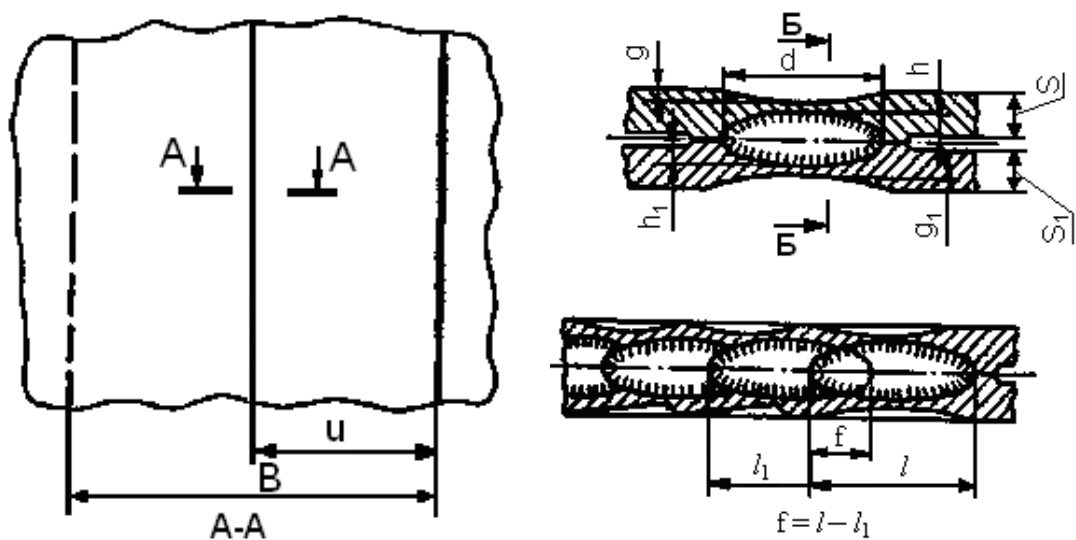


Рисунок 7.8 – Конструктивні елементи зварних з'єднань, виконаних шовним зварюванням

Існують три основні різновиди шовного зварювання: безперервне, переривчасте й крокове. Найпоширенішим є переривчасте зварювання, характеризуване безперервним обертанням роликів та переривчастим включенням струму, при якому імпульси тривалістю  $t_{зв}$  чергуються з паузами тривалістю  $t_{п}$ . При проходженні імпульсів току формуються одиничні зва-

рені точки, сукупність яких утворить зварений шов. Крок точок  $l_1$  і швидкість зварювання  $V_{зв}$  пов'язані залежністю  $l_1 = v_{зв}(t_{зв} + t_n)$ . При  $l_1 < l$  зварені точки перекривають одна одну, у результаті чого утвориться герметичний (міцнощільний) шов.

Таблиця 7.3 – Параметри з'єднань шовним зварюванням

Товщина деталей, мм	Група А			Група В		
	d, не менше	В, не менше		d, не менше	В, не менше	
		Чорні метали й сплави	Кольорові метали й сплави		Чорні метали й сплави	Кольорові метали й сплави
0,3	2,5	6	10	1,5	4	6
Від 0,3 до 0,4	2,5	7	10	1,7	5	7
» 0,4 до 0,5	3	8	10	2	6	8
» 0,5 до 0,6	3	8	10	2,2	7	9
» 0,6 до 0,8	3,5	10	12	2,5	8	10
» 0,8 до 1,0	4	11	14	3	9	12
» 1 до 1,3	5	13	16	3,5	10	13
» 1,3 до 1,6	6	14	18	4	11	14
» 1,6 до 1,8	6,5	15	19	4,5	12	15
» 1,8 до 2,2	7	17	20	5	13	16
» 2,2 до 2,7	7,5	19	22	6	15	18
» 2,7 до 3,2	8	21	26	7	17	20
» 3,2 до 3,7	9	24	28	—	—	—
» 3,7 до 4	10	28	30	—	—	—

Відповідно до ГОСТ 15878-79 величина перекриття литих зон герметичного шва повинна бути не меншою від 25 % довжини литої зони і одиничного з'єднання. Збільшення перекриття понад 50% приводить до перегріву деталей і підвищеного зношування роликів, а тому недоцільне.

Безперервне шовне зварювання виконується при безперервному обертанні роликів і безперервному (без пауз) увімкненні зварювального струму. Безперервне увімкнення струму дозволяє різко збільшити швидкість зварювання, однак приводить до перегріву поверхні деталей і вимагає більш ретельного підбору параметрів режиму зварювання. Крокове зварювання виконується при переривчастому увімкненні струму й переривчастому (кроковому) обертанні роликів. При кроковому зварюванні зварювальний струм вмикається тільки під час зупинки роликів, що приводить до зниження температури в контакті «ролик - деталь» і сприяє підвищенню якості зварювання й стійкості електродів. Крокове обертання роликів застосовується звичайно при зварюванні алюмінієвих, магнієвих і мідних сплавів.

Вимоги до чистоти поверхні деталей при шовному зварюванні такі ж, як і при точковому. Поверхні деталей повинні бути вільними від бруду, іржі й окалини. Механічна або хімічна обробка деталей при шовному й точковому зварюванні здійснюється за однаковою технологією. Як електроди при шовному зварюванні використовуються обертові дискові ролики із циліндричними (шириною  $b_{\text{ел}}$ ) або сферичними (радіусом  $R_{\text{ел}}$ ) робочими поверхнями. Розміри робочої поверхні роликів обираються з тих же орієнтовних співвідношень, що й розміри робочої поверхні електродів при точковому зварюванні. У більшості випадків шовне зварювання виконується із зовнішнім водяним охолодженням роликів і деталей.

Режими шовного зварювання характеризуються тими ж основними параметрами, що й точкового (зусиллям стиску, швидкістю зварювання, зварювальним струмом і профілем робочої поверхні роликів), а для переривчастого зварювання – й циклом зварювання (тривалістю увімкнення, паузою й кроком точок); вплив параметрів режиму на розміри й міцність зварених з'єднань при шовному й точковому зварюваннях однаковий.

Додатковим параметром, характерним для шовного зварювання з безперервним обертанням роликів, є швидкість зварювання  $V_{\text{зв}}$ . При заданому кроці точок  $V_{\text{зв}}$  тим більше, чим менше  $t_{\text{зв}}$  й  $t_{\text{п}}$ . Для підвищення  $V_{\text{зв}}$  шовне зварювання з переривчастим увімкненням струму, як правило, виконується на більш твердих режимах (при менших  $t_{\text{зв}}$ ), ніж точкове. У зв'язку з цим, а також через зменшений опір деталей, що зварюють, викликаний наявністю вм'ятин на їхні поверхні й склейки в контакті «деталь – деталь», що утворилися при формуванні попередньої точки, при шовному зварюванні з переривчастим увімкненням струму значно більші, ніж при точковому.

Однак при шовному зварюванні кольорових сплавів  $t_{\text{зв}}$  установлюється не нижчим, а для високоміцних алюмінієвих сплавів навіть вищим, ніж при точковому зварюванні. У зв'язку з цим розходження  $I_{\text{зв}}$  при шовному й точковому зварюваннях кольорових сплавів незначне.

При зварюванні першої точки шва вм'ятини на поверхні деталей і склейка в їхньому контакті відсутні й опір деталей такий, як і при точковому зварюванні. Тому для попередження перегріву з'єднання й виплеску розплавленого металу струм  $I_{\text{зв}}$  при зварюванні першої точки повинен бути на 10 - 15% меншим, ніж при зварюванні всього шва.

Зусилля електродів при шовному зварюванні повинне бути трохи вищим, ніж при точковому. По мірі підвищення  $V_{\text{зв}}$  розходження в значеннях  $F_{\text{зв}}$  при шовному й точковому зварюваннях зростає. Зусилля стиску визначається розмірами роликів електродів. При нормальному діаметрі роликів (200 - 250 мм) і нормальній їхній ширині (4 - 8 мм) питомий тиск рекомендується обирати у межах 50 - 150 МН/м<sup>2</sup> (5 - 15 кг/мм<sup>2</sup>). Для визначення зусилля стиску користуються динамометром.

Вплив теплофізичних властивостей металів, що зварюють, на вибір параметрів режимів при шовному зварюванні такий самий, як і при точковому.

У табл. 7.4 наведені режими переривчастого зварювання низьковуглецевої сталі, а в табл. 7.5 – режими швидкісного зварювання низьковуглецевої сталі на постійному струмі при безперервному увімкненні струму. Орієнтовні режими зварювання низьколегованих сталей (з наступною обробкою деталей у печі) наведені в табл. 7.6. Режими зварювання жароміцних сплавів наведені в табл. 7.7. Орієнтовні режими зварювання деяких марок низьковуглецевих сталей і жароміцних сплавів наведені в табл. 7.8.

*Таблиця 7.4 – Режими переривчастого зварювання низьковуглецевої сталі*

Товщина деталей, мм	$I_{зв}, \text{кА}$	$t_{зв}, \text{з}$	$t_{п}, \text{з}$	$F_{зв}, \text{кН}$	$V_{зв}, \text{м/хв}$
0,5	7 – 8	0,02 – 0,04	0,04 – 0,06	1,5 – 2	1,2 – 1,4
0,8	8,5 – 10	0,04 – 0,06	0,04 – 0,08	2 – 3	1 – 1,2
1	10,5 – 12	0,06 – 0,08	0,08 – 0,1	3 – 4	0,8 – 0,9
1,2	12 – 13	0,08 – 0,1	0,1 – 0,12	4 – 5	0,7 – 0,8
1,5	13 – 14,5	0,12 – 0,14	0,12 – 0,14	5 – 6	0,6 – 0,7
2	15,5 – 17	0,16 – 0,18	0,18 – 0,22	7 – 8	0,5 – 0,6
3	18 – 22	0,24 – 0,32	0,28 – 0,34	10 – 11	0,4 – 0,5

*Таблиця 7.5 – Режими швидкісного зварювання низьковуглецевої сталі*

Товщина деталей, мм	$t_{зв}, \text{з}$	$d, \text{мм}$	$F_{зв}, \text{кН}$	$I_{зв}, \text{кА}$
0,8	8	2,5	8	21
	12	2		22
1,5	4	5	7,5	23
		6	10	28
	6	5	15	30
2	3	7	15	35
	4	6	15	35
		7	20	40

*Таблиця 7.6 – Режими зварювання низьколегованих сталей з наступною термообробкою*

Товщина деталей, мм	$I_{зв}, \text{кА}$	$t_{зв}, \text{з}$	$t_{п}, \text{з}$	$F_{зв}, \text{кН}$	$V_{зв}, \text{м/хв}$
0,5	7 – 8	0,11 – 0,12	0,12 – 0,16	3 – 3,5	0,8 – 0,9
0,8	7,5 – 8,5	0,12 – 0,14	0,14 – 0,2	3,5 – 4	0,7 – 0,8
1	9,5 – 10,5	0,14 – 0,16	0,18 – 0,24	5 – 6	0,6 – 0,7
1,2	12 – 13,5	0,16 – 0,18	0,22 – 0,3	5,5 – 6,5	0,5 – 0,6
1,5	14 – 16	0,18 – 0,2	0,26 – 0,32	8 – 9	0,5 – 0,6
2	17 – 19	0,2 – 0,22	0,3 – 0,36	10 – 11,5	0,5 – 0,6
2,5	20 – 21	0,24 – 0,26	0,32 – 0,4	12 – 14	0,4 – 0,5
3	22 – 23	0,3 – 0,32	0,36 – 0,44	14 – 16	0,3 – 0,4

Таблиця 7.7 – Режими зварювання жароміцних сплавів

Товщина деталей, мм	$I_{зв}$ , кА	$t_{зв}$ , з	$t_{п}$ , з	$F_{зв}$ , кН	$V_{зв}$ , м/хв
0,3	5 – 6	0,06 – 0,1	0,06 – 0,1	4 – 7	0,6 – 0,8
0,5	4,5 – 7	0,08 – 0,12	0,08 – 0,14	5 – 8,5	0,5 – 0,6
0,8	6 – 8,5	0,1 – 0,16	0,16 – 0,22	6 – 10	0,3 – 0,45
1	6,5 – 9,5	0,14 – 0,18	0,24 – 0,28	7 – 11	0,3 – 0,45
1,2	7 – 10	0,16 – 0,2	0,28 – 0,32	8 – 12	0,3 – 0,4
1,5	8 – 11,5	0,2 – 0,26	0,38 – 0,5	9 – 13	0,25 – 0,4
2	9,5 – 13,5	0,24 – 0,32	0,48 – 0,6	10 – 14	0,2 – 0,35
2,5	11 – 14	0,3 – 0,38	0,56 – 0,68	11 – 16	0,15 – 0,3
3	12 – 16	0,36 – 0,46	0,6 – 0,78	12 – 17	0,15 – 0,25

Таблиця 7.8 – Орієнтовні режими шовного зварювання деталей зі сталі й жароміцних сплавів

Метал	Товщина металу, мм	Ширина робочої частини електродів, мм	$F_{зв}$ , кН	$T_{зв}$ , с	$t_{п}$ , с	$I_{зв}$ , кА	$V_{зв}$ , м/хв
Відпалена холоднокатана низькоуглецева сталь	0,5	4,0	1–2	0,04	0,04	8–10	1,0–2,0
	1,0	5,0	3–5	0,08	0,12	12–15	1,0–1,5
	1,5	7,0	4–6	0,1	0,14	14–18	0,6–1,0
	2,0	9,0	5–7	0,14	0,16	16–20	0,5–0,6
	3,0	11,0	7,5–9	0,18	0,18	20–24	0,5–0,7
Низьколегована сталь 30ХГСА	1,0	6,0	3–6	0,14	0,1	10–12	0,5–0,6
	1,5	7,0	4–7	0,18	0,12	15–17	0,5–0,6
	2,0	9,0	5–8	0,2	0,2	17–20	0,5–0,6
Аустенітна сталь Х18Н9Т	0,5	4,0	1,5–4	0,06	0,06	4–8	1,0–2,5
	1,0	6,0	3–6	0,1	0,1	8–10	0,6–1,0
	2,0	9,0	6–10	0,14	0,16	10–14	0,5–0,7
	3,0	11,0	12–13	0,16	0,18	15–17	0,5–0,6
Жароміцні сплави типу ніхром ХН75Т, ХН78Т	1,0	6,0	5–6	0,12	0,12	10–13	0,7–1,0
	1,5	7,0	7–8,5	0,12	0,14	13–15	0,7–1,0
	2,0	9,0	9–10	0,14	0,16	14–17	0,6–0,7

Швидкість зварювання залежить від потужності машини й товщини листів, що зварюють. Звичайно при зварюванні з переривником струму швидкість становить 0,5...3,0 м/хв. Швидкість зварювання вимірюють

у такий спосіб. При холостому ході машини (без зварювального струму) між роликками пропускають сталеву смугу довжиною  $l = 1$  м, за секундоміром заміряють час її руху  $t$  і швидкість зварювання підраховують за формулою  $V = l/t$ .

Зварювальний струм залежить в основному від товщини й марки металу, що зварює, а також швидкості зварювання й тривалості циклу. Звичайно одержують виміри для мінімальної й максимальної швидкостей.

У середньому при шовному зварюванні струм обирають в 1,5 – 2 рази більший, ніж для аналогічних деталей при точковому зварюванні. Для виміру зварювального струму бажано використовувати прилади, що показують, наприклад імпульсний амперметр АСТ-2, опис якого наведено в лабораторній роботі № 4. При відсутності таких приладів можна виміряти первинний струм і перерахувати його за коефіцієнтом трансформації, як це показано в лабораторній роботі № 1.

Цикл шовного зварювання з переривником струму складається із тривалості увімкнення струму при зварюванні однієї точки  $t_{зв}$  і тривалості паузи між послідовними увімкненнями струму  $t_{п}$ , тобто:

$$t_{ц} = t_{зв} + t_{п}.$$

Тривалість циклу може бути визначена за формулою:

$$t_{ц} = \frac{3a}{50v},$$

де  $a$  – крок точок, мм;

$v$  – швидкість зварювання, м/хв.

Відношення  $t_{зв}/t_{ц}$  визначається властивостями металу, що зварює, і для низьковуглецевої сталі становить 0,4 - 0,6. Тривалість увімкнення струму залежить від товщини металу  $\delta$  і при зварюванні низьковуглецевої сталі приблизно становить  $(0,06...0,08)\delta$ .

При шовному зварюванні можливе одержання не тільки напусточних, але й стикових з'єднань. Для цього між роликками й деталями розміщують дві тонкі накладки з того ж металу, що й зварювані деталі. Товщина накладок становить 0,2 - 0,3 мм, ширина – 3,5 - 6 мм. При зварюванні встик з накладками не потрібно спеціальної підготовки крайок, що зварюють, і допускаються зазори шириною до 20% товщини деталей. У зоні шва утвориться стовщення, яке дорівнює 10 - 50 % товщини деталей; при необхідності це стовщення може бути зняте шляхом механічної обробки.

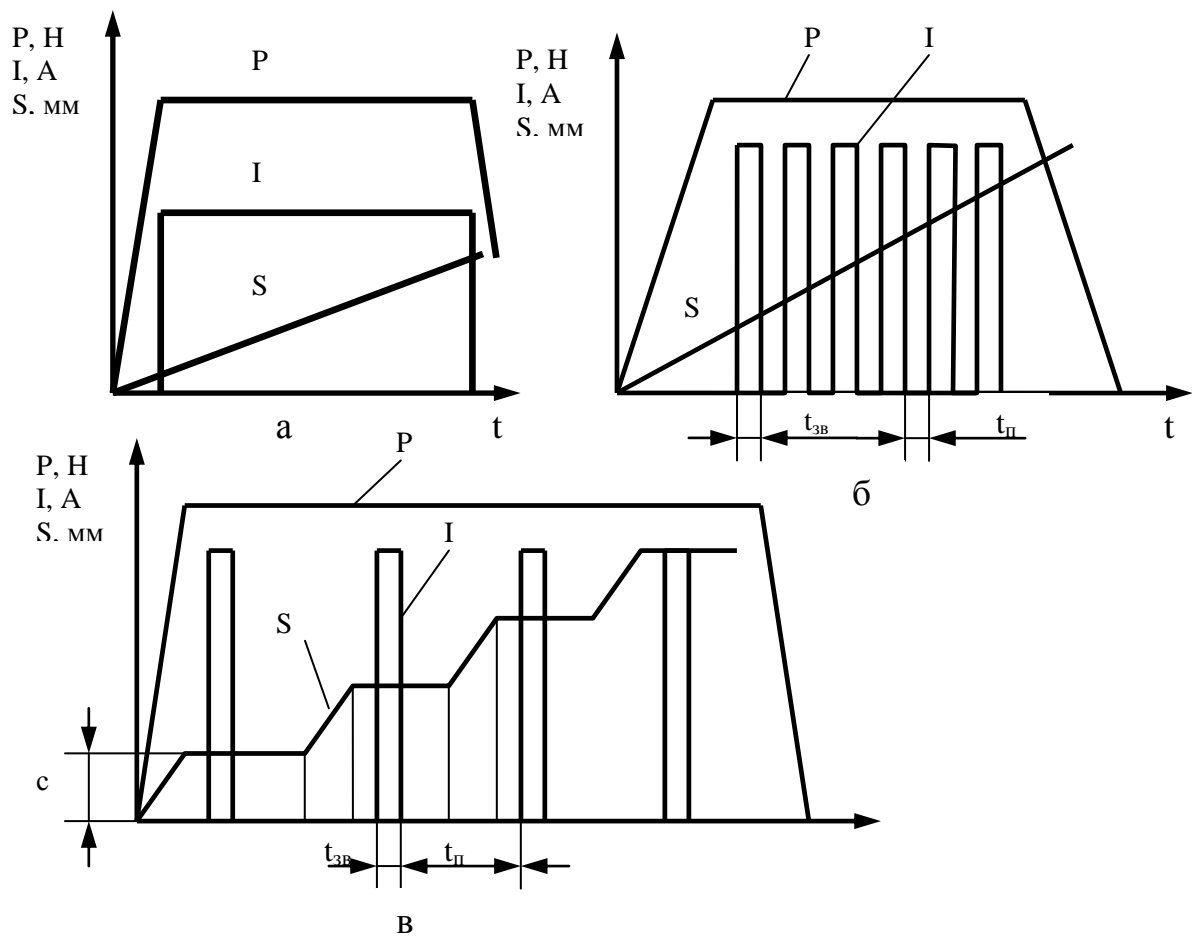
Правильно встановлений режим зварювання гарантує високу якість шва. При порушенні режиму зварювання можуть утворюватися такі дефекти, як перепал, непровар, виплески, глибокі вм'ятини і т. ін. (рис. 7.9 й табл. 7.4 - 7.8).



Перевитрата утвориться в результаті занадто великої витримки під струмом ( $t_{зв}$ ), малого тиску, малої швидкості зварювання й поганого прилягання деталей, що зварюють. Перевитрата характеризується окисленою поверхнею й більшим ореолом кольорів мінливості навколо окремих точок.

Причинами непровару є малий струм, недостатній час витримки під струмом, малий тиск і занадто висока швидкість зварювання. При зварюванні металу із забрудненою поверхнею можуть утворюватися перевитрата й непровар. Дуже часто при цьому спостерігаються виплески металу.

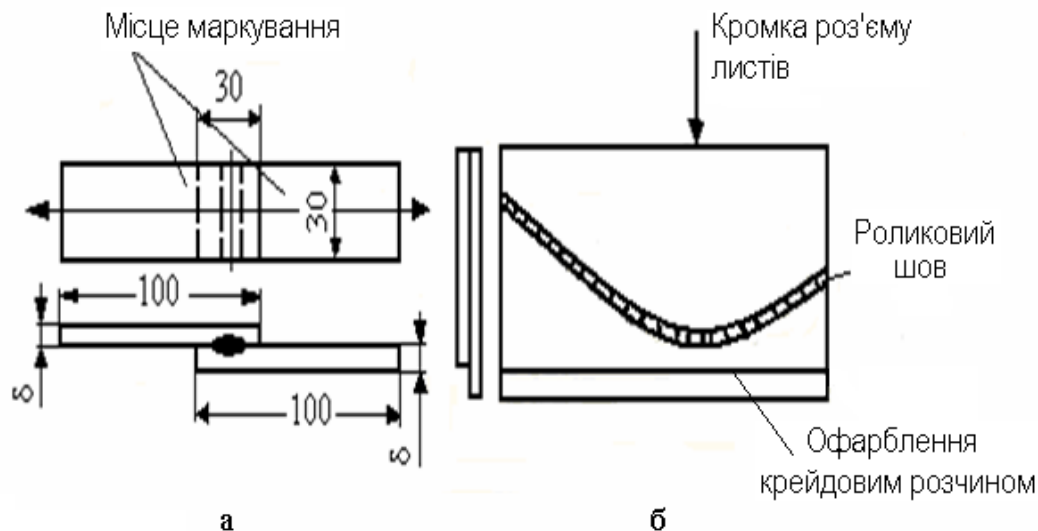
Глибокі вм'ятини утворюються при малій ширині робочої поверхні роликів і занадто великому тиску. Глибина вм'ятин не повинна перевищувати 10% товщини листів, що зварюють.



*а – безперервне зварювання; б – переривчасте зварювання; I – струм; P – зусилля стиску; S – переміщення роликів; с – шаг подачі роликів*

*Рисунок 7.9 – Діаграми циклів шовного зварювання*

Якість зварених швів перевіряють на зразках. Для цього на встановленому режимі зварюють дві пластини, які спочатку оглядають, а потім руйнують у розривних машинах або лещатах. При цьому визначається величина руйнуючого зусилля й характер руйнування. Форма зразка для випробувань на розтягання наведена на рис. 7.10, а.



*Рисунок 7.10 – Зразки для випробувань шовного зварювання*

Для визначення герметичності швів зварюють спеціальні проби – «кишені» (див. рис. 7.10, б). Вони становлять дві пластини, обварені по дузі. Після зварювання за допомогою зубила пластини відгинають і в утворену порожнину наливають кілька грамів гасу. Для кращого виявлення дефектних місць зовнішню частину «кишені» попередньо покривають водяним розчином крейди або каоліну й просушують. Нещільності шва виявляють за появою жирних іржавих точок на крейдовому або каоліновому покритті. Поява окремих точок вказує на наявність нещільностей (наприклад, місцевих прожогів), а поява смужок свідчить про значні непровари.

## **7.2 Проведення роботи**

### ***Устаткування й матеріали***

- 1 Машини для шовного зварювання з різними механізмами стиску.
- 2 Амперметр типу АСТ-2 (при відсутності його можна використати амперметр і два вольтметри, застосовувані в лабораторній роботі № 1).
- 3 Пластини з листової холоднокатаної низьковуглецевої сталі товщиною 0,5 - 2 мм (80x200 мм).
- 4 Секундомір.
- 5 Крейда або каолін.
- 6 Пензлики.
- 7 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, інструментом і спецодягом.
- 8 Описи, креслення, схеми й необхідні довідкові матеріали.

## ***А Ознайомлення з конструкцією шовної машини***

За завданням викладача повинна бути добре вивчена одна з машин з педальним, електромеханічним або пневматичним приводом механізму стиску. З машинами інших типів варто тільки ознайомитися.

1 Уважно прочитати опис шовної машини, знайти її основні вузли, усвідомити їхнє призначення й схематично замалювати загальне компонування машини.

2 Охарактеризувати механізм стиску, схематично замалювати його пристрій і заміряти мінімальне й максимальне зусилля стиску.

3 Описати тип трансформатора й накреслити схему розташування первинної й вторинної обмоток.

4 Замалювати схему й пояснити роботу перемикача щаблів потужності.

5 Навести схему механізму обертання роликів, описати спосіб виміру швидкості зварювання й визначити максимальне й мінімальне її значення.

6 Описати тип переривника струму, визначити число переривань струму в одиницю часу, а також підрахувати тривалість циклу, тривалість зварювання й тривалість паузи.

7 Визначити виліт, накреслити конструкцію роликів й установити, з якого металу вони виготовлені.

8 Накреслити схему водяного охолодження.

9 Скласти технічну характеристику машини.

## ***Б Виявлення впливу окремих параметрів режиму шовного зварювання на зовнішній вигляд й якість звареного з'єднання***

1 Заготовити таблицю для запису даних вимірів і спостережень (див. табл. 7.9, 7.10).

2 Для даної товщини металу підібрати по таблицях режим зварювання низьковуглецевої сталі й настроїти машину.

3 Зварити дві пластини, оцінити отримане з'єднання по зовнішньому вигляді й внести необхідні виправлення в спочатку обраний режим.

4 Повторити зварювання пластин, визначаючи при цьому зварювальний струм, зусилля стиску й швидкість зварювання.

5 Зварити «кишеня» і випробувати його гасом.

6 Зварити шість швів, змінюючи при цьому в одну й іншу сторону один з параметрів режиму: а) зварювальний струм (за допомогою перемикача щаблів потужності); б) зусилля стиску (за допомогою натягу пружини або тиски стисненого повітря); в) швидкість зварювання (за допомогою змінних шестірень або варіатора швидкостей).

7 Визначити якість звареного з'єднання по зовнішньому вигляді й після руйнування зразків.

## Контрольні питання

- 1 Назвіть основні вузли шовних машин для контактного зварювання.
- 2 Опишіть роботу шовних машин з педальним (пружинним), електромеханічним і пневматичним приводами.
- 3 Як улаштовані механізми обертання роликів електродів?
- 4 Опишіть пристрій ковзних струмопідводів.
- 5 Яке призначення і як улаштовані переривники струму?
- 6 Накресліть можливі цикли шовного зварювання й поясніть їх.
- 7 Що входить у режим шовного зварювання і як його вибирають?
- 8 Який вплив основних параметрів режиму шовного зварювання на якість звареного шва?

### 7.3 Звіт про лабораторну роботу № 7

#### *Вивчення конструкції шовної (роликової) контактної машини й зварювання на ній низьковуглецевої сталі*

Прізвище студента \_\_\_\_\_  
Група \_\_\_\_\_ Дата виконання роботи \_\_\_\_\_

#### *А Ознайомлення з конструкцією шовної машини*

(Загальна схема шовної машини з позначенням окремих вузлів)  
(Схема механізму стиску)

Зусилля стиску:

а) мінімальне: \_\_\_\_\_

б) максимальне: \_\_\_\_\_

(Схема розташування обмотки трансформатора)

(Схема перемикача шаблів потужності)

(Схема механізму обертання роликів)

Швидкість зварювання:

а) мінімальна: \_\_\_\_\_

б) максимальна: \_\_\_\_\_

Таблиця 7.9 – Характеристика переривника струму

Тип переривника	Число переривань струму, n/c		Тривалість, с					
			Циклу $t_{\text{ц}}$		Зварювання $t_{\text{зв}}$		Паузи $t_{\text{п}}$	
	min	max	min	max	min	max	min	max

(Схема вильоту електродів)  
 (Схема водяного охолодження)  
 (Технічна характеристика машини)

***Б Виявлення впливу окремих параметрів режиму шовного зварювання на зовнішній вигляд та якість звареного з'єднання***

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_

*Таблиця 7.10 – Для записів даних вимірів й обчислень*

Товщина металу, мм	Характеристика режиму	Щабель потужності	Зварювальний струм $I_{зв}$ , А	Зусилля стиску, Р, Н (кг)	Швидкість зварювання $V_{зв}$ , м/хв	Результати випробувань
	Нормальний					
	Зі зменшенням одного з параметрів					
	Зі збільшенням одного з параметрів					

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 8

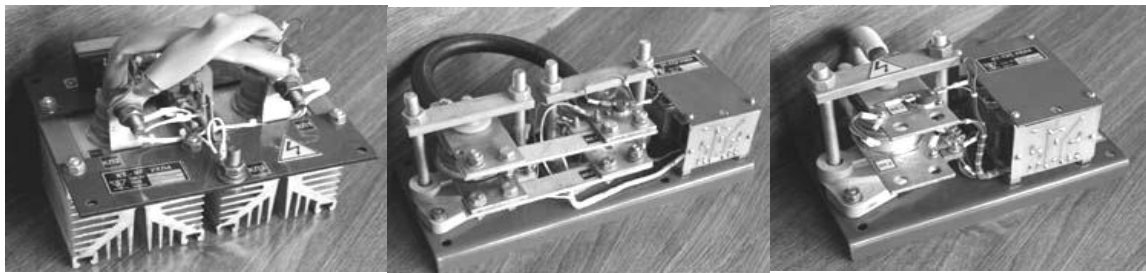
### ВИВЧЕННЯ БУДОВИ Й РОБОТИ ТИРИСТОРНИХ КОНТАКТОРІВ

#### 8.1 Загальні відомості

В однофазних машинах контактного зварювання увімкнення й вимкнення зварювального струму здійснюється тиристорними контакторами. Синхронність увімкнення зварювального струму, програмування його діючого значення й завдання законів його регулювання, тривалість протікання току забезпечуються різного роду керуючими блоками, регуляторами зварювального циклу, пристроями на базі мікрозасобів керуючої обчислювальної техніки.

Тиристорні контактори з водяним охолодженням КТ-1, КТ-02, КТ-03 і КТ-04, що випускалися раніше, у комплекті із програмними регуляторами циклу зварювання дозволили практично повністю замінити контактори на ігнітронах і поліпшити якісні показники машин для точкового, шовного й рельєфного зварювань – підвищили надійність роботи, виключили пропуски увімкнення зварювального струму, збільшили ККД машин і знизили витрату холодної води. Разом з тим накопичений досвід експлуатації цих контакторів виявив й їхні основні недоліки. До них відносяться: часте засмічення гідрореле, що контролюють витрату холодної води, вихід з ладу окремих елементів при випадковому потраплянні на них води із системи охолодження, вихід з ладу тиристорів, відносно більші габарити контакторів і ряд інших.

У наш час серійно випускаються контактори типів КТ-07, КТ-11 й КТ-12 (рис. 8.1). У них усунуті основні недоліки застарілих типів контакторів КТ-1, КТ-02, КТ-03 і КТ-04.



а

б

в

*а – КТ-07; б – КТ-11Е; в – КТ-12С*

*Рисунок 8.1 – Контактори тиристорні*

Контакторами КТ-07 комплектуються машини потужністю до 150 кВ·А. Ці контактори мають повітряне охолодження. Такі контактори комплектуються тиристорами штирьової конструкції єдиної серії в металокерамічних корпусах з підвищеною циклостійкістю Т171-250 (ТУ 16-279.105-81) з охолоджувачами 0181-80 (ТУ 16.279.377-83).

Контактори КТ-11 і КТ-12 використовуються для машин великої потужності й комплектуються тиристорами таблеткового виконання типу Т2-320 і Т500 (ТУ 16-529.793-73). Ці тиристиори мають водяне охолодження. Для контролю температури охолоджувачів замість застосовуваних раніше гідрореле типу РГС у контакторах КТ-11 і КТ-12 застосовані термореле на основі термобіметалічних слабовипускних сферичних мембран (дисків). Дія термореле заснована на властивості диска стрибкоподібно змінювати напрямок прогину (вихлопувати) при досягненні заданої температури. У наш час у якості такого термореле, що відповідає вимогам застосування в тиристорних контакторах за інтервалом температур спрацьовування, застосовується в основному ДРТ-Б-60. Реле має температуру спрацьовування  $(60 \pm 5) ^\circ\text{C}$  й температуру повернення при охолодженні  $(45 \pm 10) ^\circ\text{C}$ . Датчик реле кріпиться до плоскої поверхні охолоджувача тиристора за допомогою пружної скоби. При досягненні встановленої температури корпусу охолоджувача й корпусу реле диск вихлопує і через штовхач, коромисло й контактну пружину розмикає контакти реле. Розмикальні контакти вмикаються послідовно в ланцюг запуску («педаль») регулятора циклу або блоку керування для збереження парності напівхвиль струму, що проходять через трансформатор зварювальної машини.

У процесі експлуатації на тиристорах можуть виникати короткочасні імпульси перенапруги, які можуть привести до електричного пробоя тиристорів. Можливими причинами перенапруг є вантажні або комутаційні перенапруги в мережі, а також внутрішні перенапруги у зварювальній машині, що з'являються в момент розмикання електродів після інтервалу з несиметричним по фазі увімкненням тиристорів внаслідок розриву струму намагнічування зварювального трансформатора.

Для захисту від комутаційних перенапруг використовуються варистори – нелінійні напівпровідникові (оксидно-цинкові) резистори із симетричною вольт-амперною характеристикою. Вони вмикаються паралельно тиристорам.

У контакторах більш старого типу (КТ-02, КТ-03 і КТ-04) електрична схема передбачала блокування випрямного режиму й захист тиристорів від перенапруг. З появою нових систем керування, регуляторів циклу зварювання й контролерів на базі однокристальних мікросхем, де передбачене в тому чи іншому вигляді автоматичне настроювання на коефіцієнт потужності зварювальної машини або вжито спеціальних заходів із виключення ймовірності виникнення випрямного режиму в контакторі, з'явилася можливість спрощення й уніфікації схеми контактора.

Принципові схеми контакторів КТ-07, КТ-11 і КТ-12 відрізняються лише параметрами ланцюгів R1-C1 і типами тиристорів. Реле в контакторах КТ-11 і КТ-12 і включення їхніх розмикальних контактів у ланцюг запуску системи керування на схемі (рис. 8.2) не наведені.

На схемі показано підключення контактора до живильної мережі й до зварювального трансформатора Т1М через транзисторний силовий затискач 3 контактору. Цей же затискач 3 разом із затискачем 1 виведені на вихідне рознімання ланцюгів управління контактора для підключення живлення системи керування й ланцюгів синхронізації фазозсувного пристрою.

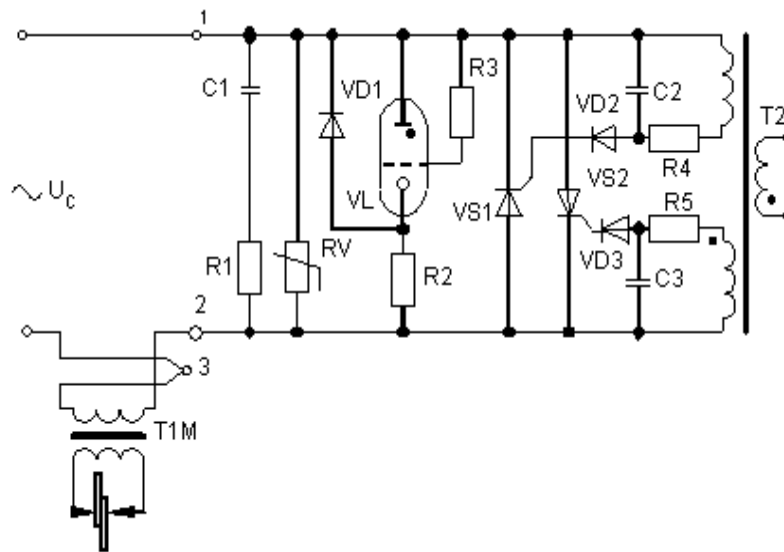


Рисунок 8.2 – Принципові електричні схеми контакторів КТ–07, КТ–11 у КТ–12

Схеми контакторів зберігають уніфікований вузол індикації повнофазного увімкнення контактора на базі лампи тліючого розряду МТХ-90 (VL-VD1-R2-R3).

При використанні апаратури керування з фазообертачем без стабілізації зварювального струму, що випускалася раніше, при установці найбільшого значення струму («нагрівання») поворотом ручки настроювання на коефіцієнт потужності підбирається положення, при якому повністю гасне лампа VL.

Настроювання апаратури на коефіцієнт потужності машини з фазообертачем, що має вузол стабілізації зварювального струму при коливаннях напруги живильної мережі, проводиться аналогічно, але при установці мінімально можливого рівня напруги живильної мережі.

Ланцюги керування тиристорами в контакторах КТ–07, КТ–11 й КТ–12 містять конденсатори  $C_2$  і  $C_3$  для підвищення перешкодозахищеності. При обраному значенні ємностей цих конденсаторів 0,1 мкф тривалість наростання фронту імпульсу струму керування з урахуванням індуктивності розсіювання трансформатора значно менша від мінімальної тривалості вхідного імпульсу.

Параметри вхідних імпульсів для увімкнення тиристорів відповідають вихідним характеристикам що випускають, і проєктованих регуляторів циклу зварювання, блоків керування й контролерів: напруга обмежена показниками 15 - 25 У, струм – еквівалентним опором 6 Ом, тривалість імпульсу 100 - 300 мкс.



Гранично припустимі струми контакторів були визначені на основі обчислення усередненого теплового впливу струму на структуру тиристорів, виходячи із граничної температури напівпровідникової структури, що дорівнює  $125^{\circ}\text{C}$ , при максимальній температурі холодної води  $+25^{\circ}\text{C}$  для контакторів КТ-11 і КТ-12 і температурі навколишнього повітря  $+40^{\circ}\text{C}$  для помірного й  $+55^{\circ}\text{C}$  для тропічного клімату для контакторів КТ-07. При цьому враховувалися пульсації температури з частотою живильної мережі. Результати цих розрахунків на ЕОМ представлені на рис. 8.3.

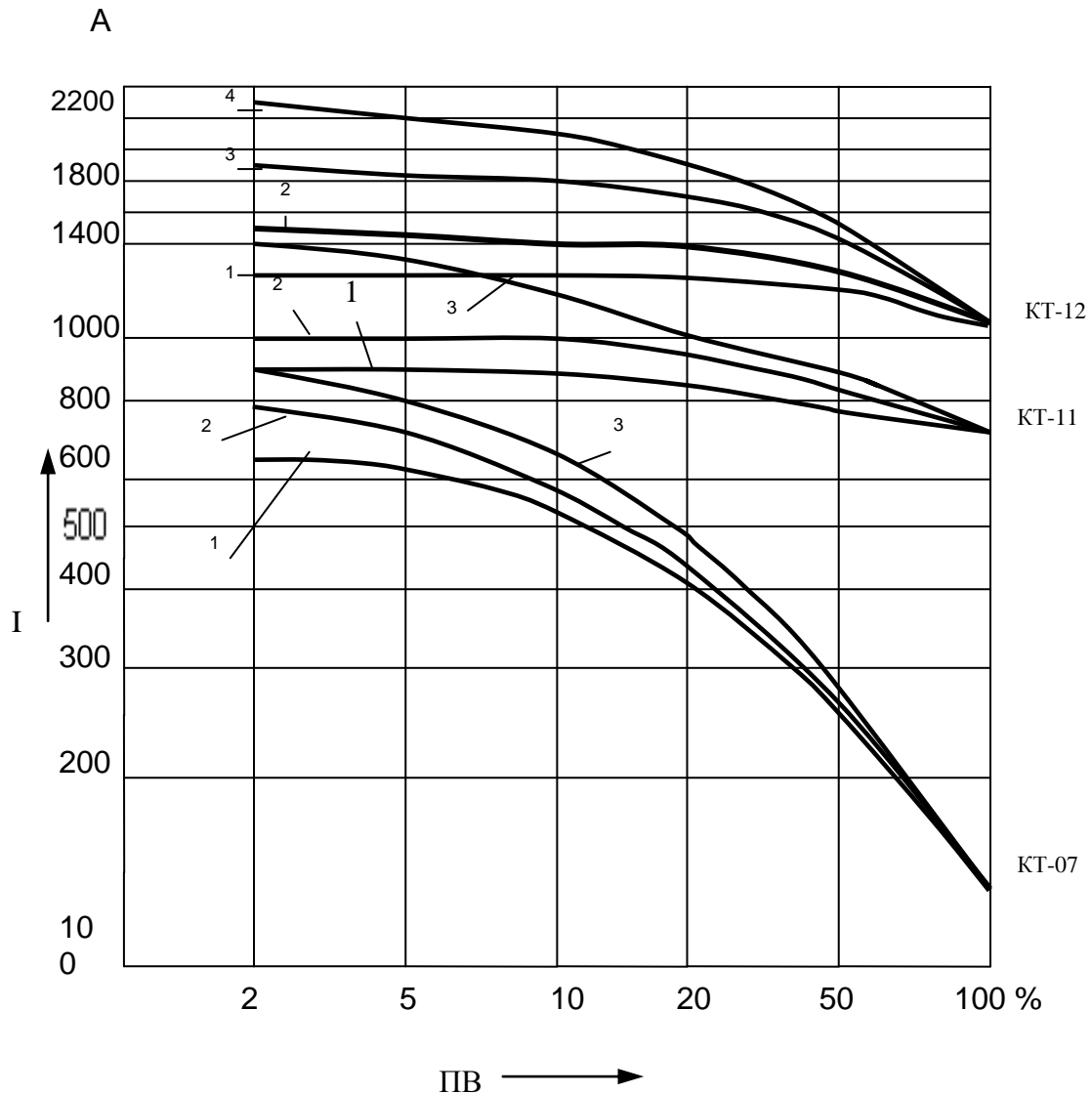
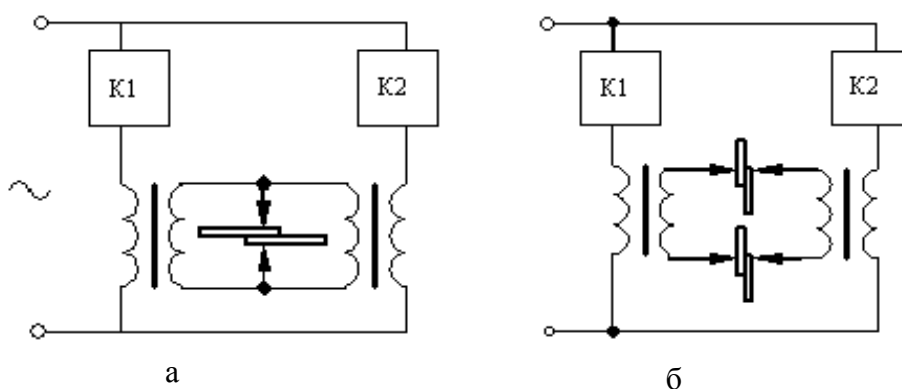


Рисунок 8.3 – Максимально допустимі струми контакторів КТ-07, КТ-11, КТ-12 у залежності від ТВ й тривалості імпульсу зварювального струму

Для контактора КТ-07 гранично припустимий струм обмежується тільки температурою напівпровідникової структури й залежить в основному від ПВ й у меншому ступені - від тривалості імпульсів зварювального струму.

Граничні струми контакторів КТ-11 і КТ-12 відносно слабо залежать від витрати води й ПВ, особливо при підвищеній тривалості імпульсу зварювального струму.

Тиристорний контактор КТ-12 має найбільшу комутуючу здатність і застосовується в машинах потужністю до 800 кВ·А. У випадку, якщо електричної потужності не вистачає, замість ігнітронних контакторів або нестандартних тиристорних контакторів на більш потужних таблеткових тиристорах (наприклад Т-1250, застосовуваних у контакторі КТ-10 для спеціальних установок) може видатися доцільним використання однієї зі схем одночасного увімкнення двох ( $K_1$  і  $K_2$ ) тиристорних контакторів КТ-11 і КТ-12 (рис. 8.4) або паралельного увімкнення декількох контакторів й розподілу струмів між ними за допомогою рівняльних реакторів.



*Рисунок 8.4 – Одночасне увімкнення двох тиристорів при паралельному (а) й послідовному (б) з'єднаннях вторинних обмоток зварювальних трансформаторів*

При паралельному з'єднанні вторинних обмоток зварювальних трансформаторів (рис. 8.4, а) необхідно, щоб тиристорні контактори можна було вмикати при малих напругах (до 12 В), регламентованих технічними характеристиками тиристорів.

При послідовному увімкненні вторинних обмоток зварювальних трансформаторів (двохточкове зварювання або двохсторонній підвід струму – рис. 8.4, б) на запізнюючому за часом увімкнення контакторі виникають імпульсні перенапруги на тиристорах. Рівень мінімальної напруги на контакторах й параметри захисних ланцюгів – варисторів й R-С-ланцюгів – забезпечують можливість такого послідовного й паралельного з'єднання контакторів КТ-11 і КТ-12 без уживання додаткових засобів.

У табл. 8.1 наведені технічні характеристики розглянутих тиристорних контакторів.

## 8.2 Проведення роботи

### Устаткування й матеріали

- 1 Контактор тиристорний типу КТ у комплекті зі зварювальною контактною машиною.
- 2 Секундомір.
- 3 Описи, рисунки й схеми контактора.

Таблиця 8.1 – Технічні дані контакторів тиристорних (замість ігнітронів)

Параметр	КТ-07Е	КТ-11Е	КТ-12Е	КТЕ-500
Напруга живильної мережі, В	220/380	220/380	220/380	220/380
Частота живильної мережі, Гц	50	50	50	50
Номінальний струм при ПВ і тривалості увімкнення, А:				
– ПВ 50%, $t = 0,5$ с	250	800	1500	500
– ПВ 20 %, $t = 0,5$ с	480	1000	1750	1000
– ПВ 5 %, $t = 0,2$ с	970	1300	2200	2300
Витрата холодної води, л/хв, не менше	5	3	5	-
Температура холодної води на вході, С	-	+5...+25	+5...+25	-
Охолодження повітряне природне	+	-	-	+

### А Ознайомлення з конструкцією контактора

- 1 Прочитати опис контактора, знайти його основні вузли, з'ясувати їхнє призначення й схематично замалювати його зовнішній вигляд.
- 2 Ознайомитися з роботою електричної схеми контактора.
- 3 Скласти технічну характеристику контактора.
- 4 Ознайомитися з послідовністю увімкнення контактора в роботу.

### Контрольні питання

- 1 Для чого призначені тиристорні контактори?
- 2 Як здійснюється контроль температури охолоджувача тиристорного контактора?
- 3 Розкажіть про паралельне й послідовне увімкнення контакторів.
- 4 Які недоліки контакторів КТ-1, КТ-02, КТ-03, КТ-04?
- 5 Як здійснюється захист комутуючих приладів від перенапруг у контакторах КТ-07, КТ-11 і КТ-12 й які причини цих перенапруг?

### 8.3 Звіт про лабораторну роботу № 8

#### *Вивчення тиристорного контактора типу КТ*

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання \_\_\_\_\_

#### *А Ознайомлення з конструкцією контактора*

(Зовнішній вигляд контактора)

(Електрична схема)

(Схема увімкнення на паралельну й послідовну роботу)

(Технічна характеристика)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

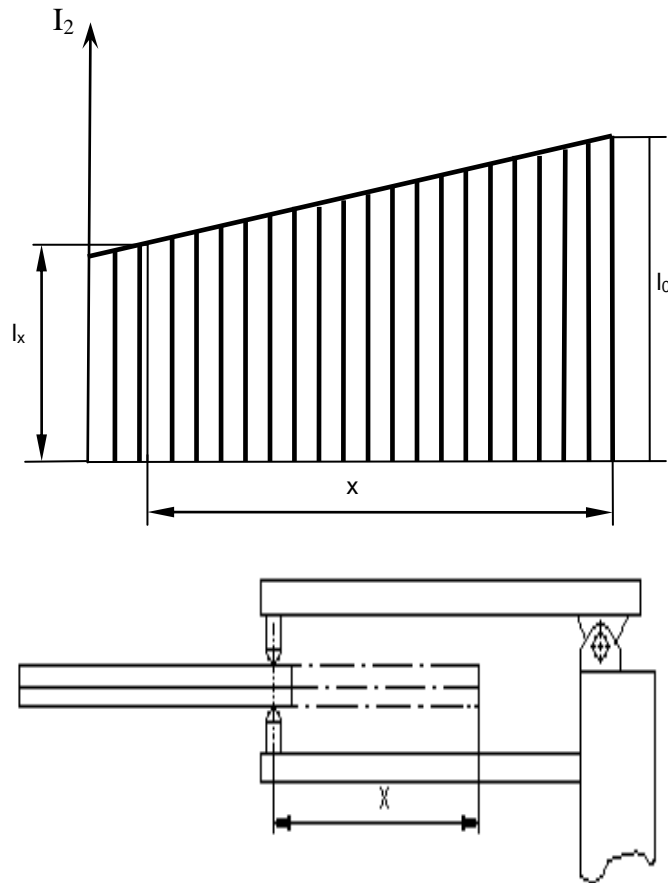
Висновок викладача \_\_\_\_\_

### ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 9

#### **ВПЛИВ ФЕРОМАГНІТНИХ МАС, УВЕДЕНИХ ДО КОНТУРУ МАШИНИ, НА ЯКІСТЬ ШОВНОГО (РОЛИКОВОГО) ЗВАРЮВАННЯ**

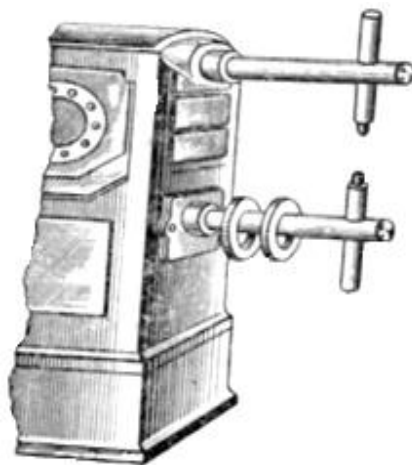
##### **9.1 Загальні відомості**

Феромагнітні маси, введені до контуру зварювальної машини, суттєво впливають на її електричні параметри. При цьому значно підвищується індуктивний опір зварювального ланцюга, у результаті чого помітно зменшується зварювальний струм, що може привести до дефектів при зварюванні. На рис. 9.1 показані зміни струму у зварювальному ланцюзі при введенні до контуру машини феромагнітних сталевих листів. При переміщенні листів усередину контуру на величину  $x$  зварювальний струм зменшується з  $I_0$  до  $I_x$ . Так, наприклад, введення до контуру машини потужністю 40 кв·А сталевих листів перерізом 45 см<sup>2</sup> зменшує зварювальний струм приблизно вдвічі. Особливо помітно зменшується зварювальний струм при надіванні на хобот машини масивних циліндричних деталей з магнітних металів (сталевих обечайок, труб і т. д.).



*Рисунок 9.1 – Вимірювання струму у зварювальному ланцюзі при введенні до контуру машини магнітного металу*

Уведення феромагнітних мас до вторинного контуру іноді використовується для зменшення потужності машини, коли необхідно зварити тонкий метал на машині великої потужності. У цьому випадку встановлюють перший щабель, максимально збільшують площу вторинного контуру (розводять і висувають хоботи), а на один з хоботів навішують масивні сталеві кільця (рис. 9.2). Кількість таких кілець підбирають дослідним шляхом.



*Рисунок 9.2 – Введення до вторинного контуру феромагнітних мас*

Щоб зберегти нормальний ККД машини й одержати високу якість зварювання, необхідно виріб розташовувати поза вторинним контуром машини. Крім цього, варто уникати введення до вторинного контуру різного роду громіздких пристосувань із магнітних металів.

Наявність феромагнітних мас варто враховувати при дослідному підборі режиму зварювання. Іноді дослідне зварювання здійснюють на невеликих зразках. Підібравши для них необхідний щабель потужності, зварюють громіздкі деталі.

При цьому випускають з уваги, що громіздкі деталі, що перебувають усередині контуру, збільшують індуктивний опір зварювального ланцюга, якість зварювання погіршується. Тому підібраний режим зварювання для невеликих зразків варто коригувати при переході на великі вироби.

## **9.2 Проведення роботи**

### ***Устаткування й матеріали***

- 1 Машина для шовного (роликового) зварювання.
- 2 Вольтметр на 220 або 380 V.
- 3 Амперметр на 5 А р трансформатором струму 600/5 або струмовимірювальні кліщі Ц-30.
- 4 Ватметр із трансформатором струму.
- 5 Ножиці для різання металу.
- 6 Розривна машина.
- 7 Лещата.
- 8 Міліметрова лінійка.
- 9 Штангенциркуль.
- 10 Молоток.
- 11 Зубило.
- 12 Пластини з листової холоднокатаної низьковуглецевої сталі товщиною 0,5 - 2, шириною 80 і довжиною 200 мм.
- 13 Набір сталевих кілець (феромагнітних мас).
- 14 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, з інструментом і спецодягом.

### ***А Вивчення впливу феромагнітних мас на електричні параметри машини***

- 1 Накреслити принципову електричну схему машини із включенням необхідних електровимірювальних приладів.
- 2 Накреслити схему розташування феромагнітних мас у вторинному контурі.
- 3 Підготувати таблицю для записів даних вимірів й обчислень (див. табл. 9.2).

4 Зібрати схему й пред'явити її для перевірки.

5 Замкнути накоротко вторинний ланцюг і на одному з перших щаблів увімкнення заміряти струм короткого замикання в первинній обмотці  $I_{1к}$ , напругу живильної мережі  $U_1$  і споживану потужність  $P_k$ .

6 Визначити площі поперечного перерізу сталевих кілець, надягти одне з них на нижній хобот машини й повторно зняти показання приладів.

7 Послідовно надягати інші кільця й щораз знімати показання приладів. Кількість вимірів повинне бути не меншою 4 - 5.

8 За даними досліду обчислити  $\cos \varphi$  для кожного виміру:

$$\cos \varphi = \frac{P_k}{U_1 I_{1к}}.$$

9 Результати вимірів й обчислень занести до таблиці.

10 За табличними даними побудувати графіки залежності  $I_1$ ,  $P$  й  $\cos \varphi$  від кількості феромагнітної маси  $F$ .

11 Розібрати схему.

### ***Б Вивчення впливу феромагнітних мас на якість звареного шва***

1 Підготувати таблицю для записів даних вимірів і спостережень (див. 9.3).

2 Для даної товщини металу підібрати за таблицями режим зварювання низьковуглецевої сталі, установити його на машині й зварити шов.

3 Не змінюючи режиму, надягти на нижній хобот машини кілька сталевих кілець і зварити інший шов.

4 Надягти на нижній хобот максимально можливу кількість кілець і зварити третій шов.

5 Для кожного зі зразків заміряти ширину зони кольорів мінливості, оцінити якість шва за зовнішнім виглядом.

6 Зруйнувати зразки, заміряти ширину шва й оцінити якість зварювання за зломом.

### ***Контрольні питання***

1 Що називається феромагнітними масами?

2 Який вплив здійснюють феромагнітні маси на індуктивний опір зварювального ланцюга?

3 Як змінюється зварювальний струм при введенні до контуру машини феромагнітних мас?

4 Як впливають феромагнітні маси на  $\cos \varphi$  і ККД машини?

5 Викладіть міри боротьби із впливом феромагнітних мас на якість зварювального шва.

### 9.3 Звіт про лабораторну роботу № 9

#### **Вплив феромагнітних мас, уведених до контуру машини, на якість шовної (роликової) зварювання**

Прізвище студента \_\_\_\_\_

Група \_\_\_\_\_ Дата виконання \_\_\_\_\_

#### **А Вивчення впливу феромагнітних мас на електричні параметри машини**

(Схема увімкнення електровимірювальних приладів)

(Схема розташування феромагнітних мас)

Обчислення \_\_\_\_\_

(Графік)

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Таблиця 9.2 – Для записів даних вимірів й обчислень

Тип машини	№ щабля трансформатора	Виміри				Обчислення
		Феромагнітна маса $F$ , див <sup>2</sup>	Напруга в мережі $U_1$ , В	Струм у первинному ланцюзі $I_{до}$ , А	Споживана з мережі потужність $P_K$ , Вт	$\cos \varphi$

#### **Б Вивчення впливу феромагнітних мас на якість звареного шва**

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)

Таблиця 9.3 – Для записів даних вимірів і спостережень

Товщина металу, мм	№ зразка	Феромагнітна маса, см <sup>2</sup>	Ширина зони кольорів мінливості, мм	Ширина шва, мм	Результати огляду й випробувань

Висновки по роботі \_\_\_\_\_

Підпис студента \_\_\_\_\_

Висновок викладача \_\_\_\_\_



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

### ВИВЧЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ Й ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ТЕХНОЛОГІЄЮ ЗВАРЮВАННЯ НА КОНДЕНСАТОРНИХ МАШИНАХ

#### 10.1 Загальні відомості

Процес точкового конденсаторного зварювання полягає в тому, що електрична енергія поступово накопичується в батареї конденсаторів, а потім дуже швидко витрачається на нагрівання деталей у місці зварювання. Звичайний час зарядки конденсаторів становить деяким менше однієї секунди, а розряд їх відбувається за десятки й соті частки секунди. Це дає можливість одержати більші зварювальні струми при споживанні з мережі порівняно невеликої потужності.

У конденсаторній машині для точкового зварювання (рис. 10.1) замиканням вимикача ПК із контактом К через опір R конденсатор С заряджається від джерела живлення  $U_{\text{ж}}$ . Зарядка відбувається доти, поки напруга  $U_c$  на конденсаторі не досягне напруги джерела живлення  $U_{\text{ж}}$ . Надалі вимикач ПК замикають із контактом  $K_1$  і конденсатор розряджається на первинну обмотку зварювального трансформатора ТС, у вторинному ланцюзі протікає короткочасний струм великої сили.

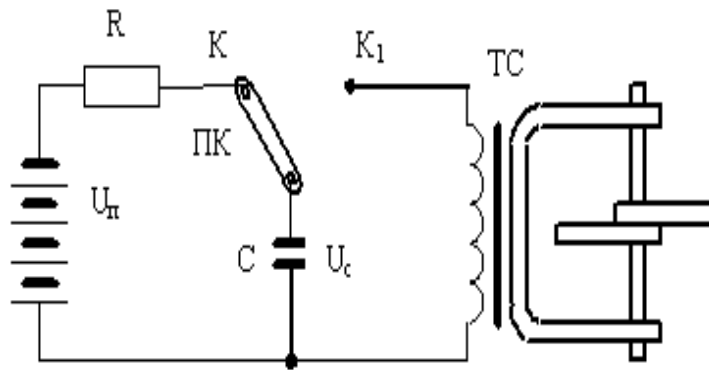


Рисунок 10.1 – Принципова електрична схема конденсаторної машини

Кількість енергії, акумульованої батареєю конденсаторів (Вт·с) залежить від ємності конденсаторів та напруги на них:

$$W_k = \frac{CU_c^2}{2},$$

де  $C$  - ємність конденсатора, мкф;

$U_c$  - напруга на конденсаторі, В.

Змінюючи ємність батареї конденсаторів і коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора, можна регулювати кількість електроенергії, що витрачає на зварювання. При цьому витрачається досить точна кількість теплоти протягом певного часу, що гарантує гарну якість звареного з'єднання.

Короткочасність імпульсу струму великої сили й точне його дозування за величиною й тривалістю дозволяють застосовувати конденсаторні машини для зварювання різного роду кольорових металів й їхніх сплавів.

Переваги конденсаторного зварювання полягають у малій потужності, споживаній з мережі, високому  $\cos \phi$ , порівняно малих втратах енергії, накопиченої конденсаторами, і високої точності настроювання режиму зварювання. Серед недоліків варто виділити високу напругу в первинному ланцюзі зварювального трансформатора й більшу вартість високовольтних конденсаторів.

Основні вимоги, пропоновані до конденсаторних машин для точкового зварювання виробів малих товщин, зводяться до забезпечення високої точності й стабільності відтворення параметрів електричного й механічного настроювання машини: ємності й напруги конденсаторної батареї, зусилля стиску електродів. Однією з характерних рис машин малої електричної потужності є відносно низька індуктивність вторинного контуру, що обумовлює короткочасність імпульсів зварювального струму (у межах 1 – 5 мс). При зменшенні товщин деталей, що зварюють, зростає роль контактного опору між деталями при виділенні теплоти, необхідної для формування звареного з'єднання. У початковий період зварювання контактний опір між деталями коливається в більших межах. Ця нестабільність контактного опору в сполученні з короткочасністю імпульсу зварювального струму може привести до нестабільної якості звареного з'єднання при зварюванні малих товщин. Наприклад, при зварюванні дротів між собою або приварку їх до плоских виробів привод електродів не встигає підтримувати зусилля на електродах незмінним, що приводить до його значного зменшення й виплеску розплавленого металу. Перераховані вище фактори спричиняють необхідність створення в конденсаторних машинах для зварювання виробів малих товщин додаткового, підігрівного імпульсу струму або початкової фази зварювального струму, що забезпечує попередній підігрів деталей, що зварюють, з метою стабілізації контактного опору між зварюваними деталями. Це ліквідує попереднє осадження при зварюванні дротів. По можливості необхідно знижувати масу привода для підвищення його надійності. Такий попередній підігрів може здійснюватися за допомогою дроселя насичення, встановленого в розрядному ланцюзі конденсатора (ТКМ-15, ТКМ-17). Поки дросель насичується, струми в первинній, а значить і у вторинній обмотках зварювального трансформатора відносно невеликі. У цей час відбувається прогрів деталей, що зварюють, при якому стабілізується їхній контактний опір, а при зварюванні

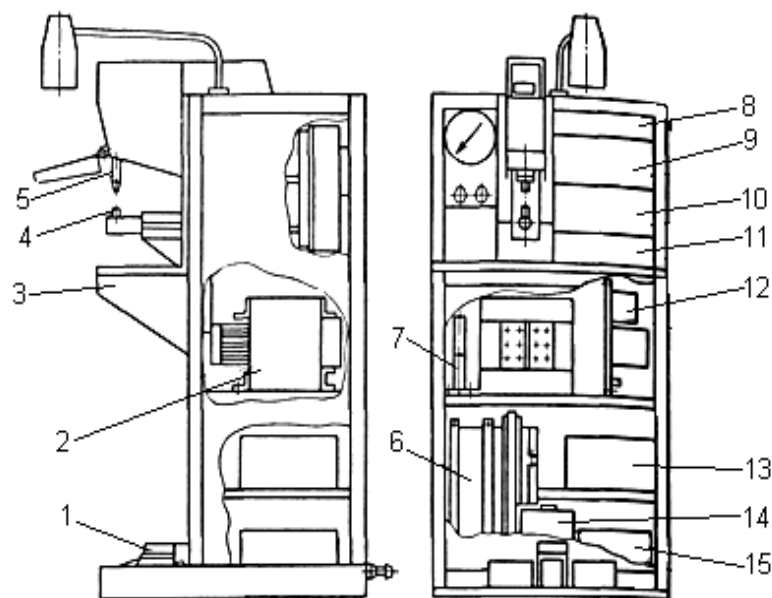
дротів – їхнього осаду, що запобігає початковому виплеску розплавленого металу. Після насичення сердечника дроселя його індуктивний опір різко знижується й струми в обмотках трансформатора значно зростають. При цьому відбувається зварювання виробів. У ряді інших машин (МТК-2001) попередній підігрів виробів, що зварюють, здійснюється змінним струмом, а зварювання – при розрядженні конденсатора.

### ***Точкова конденсаторна машина МТК-2001***

Машина (рис. 10.2) призначена для зварювання внапуск виробів із чорних і кольорових металів і сплавів товщиною від  $0,1 + 0,1$  до  $1 + 1$  мм і дротів діаметром від  $0,2 + 0,2$  до  $1,5 + 1,5$  мм, а також для приварки виробів товщиною від 0,1 до 0,6 мм до виробів товщиною до 40 мм.

Машина виготовляється в кліматичному виконанні УХЛ4. У корпусі машини (див. рис. 10.2) змонтований механізм стиску електродів і все електроустаткування.

Над знімним столиком 3 консольно розміщені рухливий електрод 5 зі штоком у напрямних і нижній електрод 4 в електродотримачі, закріпленому в кронштейні. У нижній частині машини – електропедаль 1. У машині розміщений зварювальний трансформатор 2, блок робочих конденсаторів 6, блок резисторів 7, панель керування 8, блоки керування 9 й 10, магазин штекерний 11, блок реле 12, блок силових тиристорів 13, трансформатор зарядний 14, блок силовий 15.



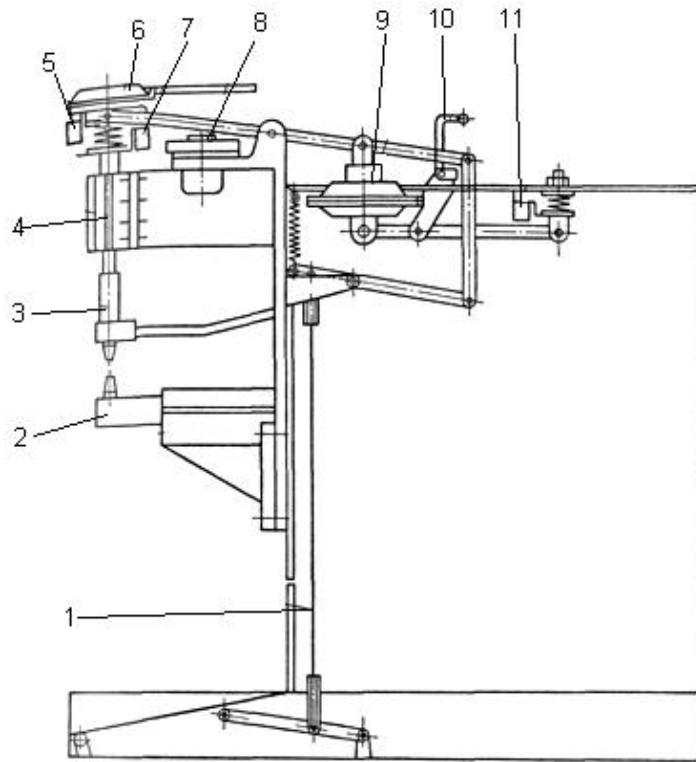
*Рисунок 10.2 – Машина зварювальна типу МТК-2001*

Технічна характеристика розглянутої точкової конденсаторної машини, а також деяких інших наведена в табл. 10.1. На рис. 10.3 показаний механізм стиску електродів машини МТК-2001.

*Таблиця 10.1 – Технічні дані конденсаторних машин для точкового зварювання*

Параметр	Тип машини		
	МТК – 2001	ТКМ-15	ТКМ-17
Найбільший вторинний струм, кА	20	18	
Споживана з мережі потужність, кв·А	2	0,8	
Найбільша запасена енергія, що, Дж	800	600	
Межі регулювання ємності конденсаторів, мкф	200 – 1600	100 – 1200	
Межі регулювання напруги на конденсаторах, В	200 – 1000	120 – 1000	
Межі регулювання зусилля стиску на електродах, кН	0,08 – 0,9	0,01 – 0,6	0,01 – 0,8
Виліт електродів, мм	200	150	
Найбільший робочий хід верхнього електрода, мм	20	15	
Привід механізму стиску електродів	Пневматичний	Педальний	Педальний і педально-пневматичний
Товщина деталей, що зварюють, мм:			
мінімальна	0,1	0,05	
максимальна	1	0,7	
Максимальна продуктивність, зв/г	4200	6000	
Габарити, мм	1400x700x800	1285x800x685	1350x770x700
Маса, кг	390	200	220

У встановленому на каркасі машини кронштейні із плитою закріплені напрямні 4, у яких установлений шток 3 з електродом в електродотримачі й гнучкій шині, що йде від колодки зварювального трансформатора. Шток з рухливим електродом з'єднаний у верхній частині зі штоком пневмокамери-дозировувальника зусилля 6, корпус якої шарнірно, через сергу, пов'язаний із двуплечим важелем педально-ричажного механізму 1. Двуплечий важіль у центрі шарнірно закріплений на кронштейні; кінці важеля шарнірно з'єднані зі штоком приводної пневмокамери 9 і тягою педально-ричажного механізму 1. Пневмокамера 9 встановлена на підпружиненому двуплечому важелі, на плечі якого з боку пружини закріплена пластина для впливу на перемикач 11.



*Рисунок 10.3 – Механізм стиску електродів машини МТК-2001*

На корпусі пневмокамери-дозувальника зусилля 6 встановлені перемикачі 5 й 7, на які впливає двома кінцями контактна пластина, закріплена на штоку пневмокамери.

При прогині діафрагми пневмокамери 6 і переміщенні штока щодо корпуса пневмокамери на 3 - 5 мм спрацьовують перемикачі 7 й 11, що дають команду на зварювання. При подальшому переміщенні штока до 10 мм спрацьовує аварійний перемикач 5, що вказує на зростання зусилля вище встановленого. Пневмокамера 6 фактично є пружним елементом із твердістю, регульованою шляхом установа в камері тиску повітря, що відповідає необхідному зусиллю стиску електродів. Під двуплечим важелем із пневмокамерою 6 розташований регульований гвинт-упор 8. З боку приводної пневмокамери 9 встановлений переставний упор 10.

Під верхнім рухливим електродом розташований ізолюваний від корпуса кронштейн 2 з електродотримачем й електродом. Електрична педаль 1 (див. рис. 10.2) призначена для увімкнення пневмоклапана, що пускає вхід пневмопривід. Пневмопривід за допомогою важеля переміщає верхній електрод, здійснює стиск електродів до заданої величини. По обидва боки електропедалі розташовані механічні педалі важільно-педальної системи, що призначена для зведення електродів натисканням ногою. На малих зусиллях можна здійснювати зварювання без увімкнення пневмопривода.

На рис. 10.4 представлена спрощена силова електрична схема машини МТК-2001. Підігрів деталей, що зварюють, перед зварюванням й їхньою термообробкою після зварювання, якщо це необхідно, здійснюється

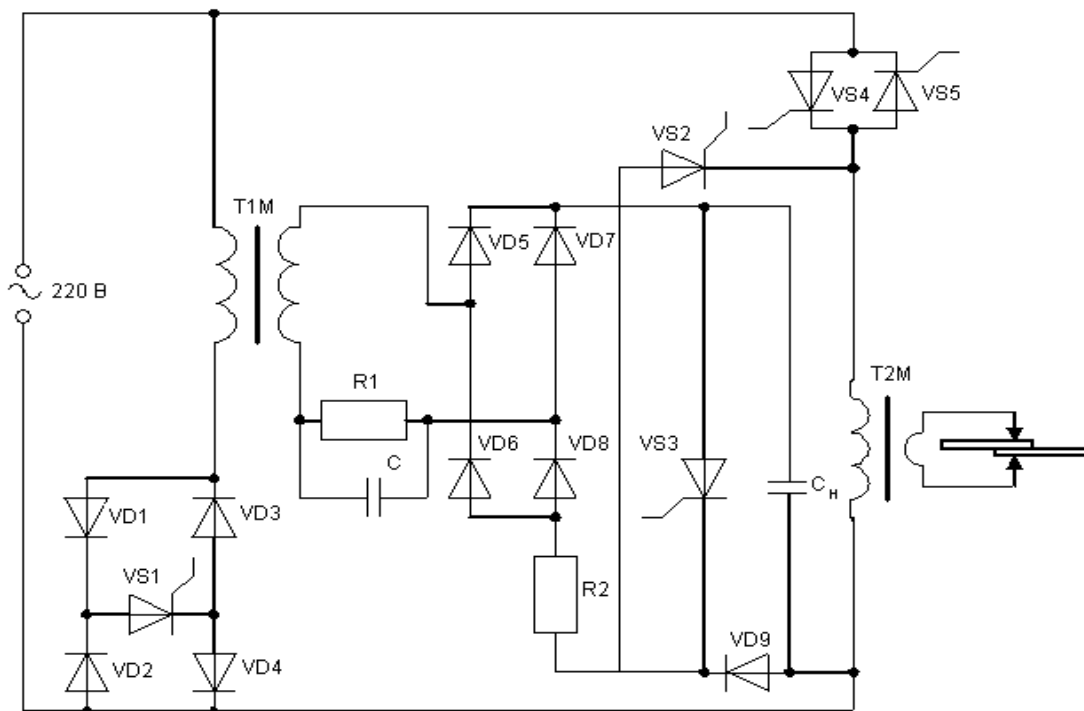
увімкненням тиристорних контакторів VS4, VS5. При цьому струм від мережі проходить через первинну обмотку зварювального трансформатора T2M, а підігрівний струм – через зварюваний виріб. Інші тиристори схеми VS1, VS2, VS3 вимкнені. На початку зварювального циклу шляхом увімкнення тиристора VS1 виробляється заряд робочої батареї конденсаторів  $C_H$  від вторинної обмотки зарядного трансформатора T2M через випрямляч VD5 – VD8. Ємність  $C_H$  регулюється.

Швидкість заряду конденсатора регулюється обмежувальним конденсатором C. Напруга, до якої заряджається конденсатор  $C_H$ , визначається моментом вимикання тиристора VS1. Зварювальний струм протікає через деталі при увімкненні тиристорів VS2 й VS3. При цьому конденсатор  $C_H$  розряджається на первинну обмотку трансформатора T2M, тиристори VS1, VS4, VS5 вимкнені.

### *Підбір й установка режиму зварювання*

Основними параметрами, що визначають режим точкового конденсаторного зварювання, є величина увімкненої ємності, коефіцієнт трансформації (щабель) зварювального трансформатора й зусилля на електродах.

Зі збільшенням ємності прямо пропорційно підвищуються витрати енергії, збільшуються амплітуда зварювального струму й тривалість імпульсу. Зі зниженням коефіцієнта трансформації збільшується амплітуда зварювального струму й зменшується тривалість імпульсу без зміни енергії, використовуваної під час зварювання.



*Рисунок 10.4 – Силовая электрическая схема машины МТК-2001*

При зменшенні зусилля на електродах збільшується опір деталей і трохи підвищується ККД установки, однак при цьому з'являються внутрішній і зовнішній виплески й інші дефекти в ядрі точки.

Підбор режиму зварювання починають із увімкнення свідомо недостатньої ємності, установки найбільшого зусилля стиску й великого коефіцієнта трансформації, тобто з режиму, що викликає непровар. Потім, зваривши дослідну точку й, зруйнувавши її, поступово зменшують зусилля стиску, збільшують ємність конденсаторів і зменшують коефіцієнт трансформації. Варто пам'ятати, що деталі, призначені для зварювання, повинні бути очищені від бруду, фарби, масла, окислів і т. п.; заусенці й деформації в місцях, що піддаються зварюванню, варто усувати.

Точки, зварені на правильно обраному режимі й по зачищеній поверхні аркушів, вважаються якісними, якщо задовольняють таким вимогам:

1) повністю відсутні зовнішні дефекти (підплавлення, великі вм'ятини, зовнішні виплески, тріщини й т. д.);

2) діаметр литого ядра дорівнює 3 - 5 товщинам найбільш тонкого з листів, що зварюють;

3) висота ядра (глибина проплавлення) становить 0,4 - 0,7 сумарної товщини листів;

4) лите ядро й зона термічного впливу не виходять на зовнішню поверхню листів; у ядрі немає великих раковин, тріщин й інших дефектів.

У табл. 10.2 наведені орієнтовні режими точкового зварювання латуні Л62 на конденсаторній машині.

*Таблиця 10.2 – Орієнтовні режими зварювання латуні Л62*

Товщина металу, мм	Діаметр поверхні контакту електродів, мм	Напруга заряду конденсаторів, В	Величина увімкненої ємності, мкф	Коефіцієнт трансформації	Зусилля стиску, Н (кг)
0,1 + 0,1	2	500	100	75	45 (4,5)
0,3 + 0,3	2	500	400	50	120 (12)

## 10.2 Проведення роботи

### *Устаткування й матеріали*

- 1 Машина для точкового конденсаторного зварювання.
- 2 Ножиці для різання металу.
- 3 Розривна машина.
- 4 Лещата.
- 5 Міліметрова лінійка.
- 6 Штангенциркуль.
- 7 Молоток.

- 8 Зубило.
- 9 Набір пластин з кольорових металів і сплавів.
- 10 Пересувний лабораторний стіл з набором необхідних проводів, з інструментом і спецодягом.
- 11 Описи, креслення, схеми й необхідні довідкові матеріали.

### ***А Ознайомлення з конструкцією й роботою точкової конденсаторної машини***

- 1 Уважно прочитати опис точкової конденсаторної машини, знайти її основні вузли, усвідомити їхнє призначення й схематично замалювати загальне компонування машини.
- 2 Дати характеристику механізму стиску й схематично зобразити його будову.
- 3 Описати тип зварювального трансформатора, накреслити його схему й пояснити роботу перемикача щаблів потужності.
- 4 Дати схему батареї конденсаторів і пояснити роботу перемикача ємності.
- 5 Дати схему й описати роботу шляхового перемикача «зарядки - розрядки».
- 6 Заміряти виліт електродів, накреслити їхню форму й визначити, з якого матеріалу вони виготовлені.
- 7 При увімкненому зварювальному струмі випробувати роботу й взаємодію всіх вузлів машини.
- 8 Скласти технічну характеристику машини.

### ***Б Практичне ознайомлення з технологією точкового зварювання на конденсаторній машині***

- 1 Підготувати таблицю для записів даних вимірів та спостережень (див. табл. 10.3).
- 2 Для даної товщини металу підібрати за таблицями режим зварювання й настроїти машину.
- 3 Зварити три пари пластин однією точкою кожну.
- 4 Визначити якість зварених точок за зовнішнім виглядом й після випробування їх на розтягання, відрив і скручування.
- 5 Повторити зварювання на інших пластинах, змінюючи при цьому в одну й іншу сторону один з параметрів режиму: а) величину увімкненої ємності (за допомогою перемикача ємності); б) коефіцієнт трансформації зварювального трансформатора (за допомогою перемикача щаблів); зусилля на електродах.
- 6 Оцінити якість зварених точок за зовнішнім виглядом, зруйнувати їх і виявити вплив кожного параметра режиму зварювання на міцність точки.



## ***Контрольні питання***

- 1 Опишіть сутність процесу конденсаторного зварювання.
- 2 Які переваги конденсаторного зварювання?
- 3 Назвіть основні вузли точкових конденсаторних машин.
- 4 Опишіть способи регулювання коефіцієнта трансформації зварювального трансформатора й увімкненої ємності батареї конденсаторів.
- 5 Яке призначення і як працює перемикач «зарядка-розрядка»?
- 6 Що входить в основні параметри режиму точкового конденсаторного зварювання?
- 7 Як варто підготовувати деталі під точкове конденсаторне зварювання?
- 8 Як впливає величина увімкненої ємності, коефіцієнт трансформації й зусилля стиску на якість звареної точки?
- 9 Викладіть основні правила безпеки при роботі на конденсаторних машинах.

## **Звіт про лабораторну роботу № 10**

### ***Вивчення конструкцій й ознайомлення з технологією зварювання на конденсаторних машинах***

Прізвище студента \_\_\_\_\_  
Група \_\_\_\_\_ Дата виконання \_\_\_\_\_

#### ***А Ознайомлення з конструкцією й роботою конденсаторної машини***

- (Загальна схема машини з позначенням окремих вузлів)
- (Схема механізму стиску)
- (Схема зварювального трансформатора з перемикачем щаблів потужності)
- (Схема батареї конденсаторів з перемикачем ємності)
- (Схема роботи перемикача «зарядки-розрядки»)
- (Схема виміру вильоту електродів)
- (Технічна характеристика машини)

#### ***Б Практичне ознайомлення з технологією точкового зварювання на конденсаторній машині***

(Ескізи зварених з'єднань із вказівкою місць дефектів)  
Висновки по роботі \_\_\_\_\_  
Підпис студента \_\_\_\_\_  
Висновок викладача \_\_\_\_\_

Таблиця 10.3 – Для записів даних вимірів та спостережень

Метал	Товщина металу, мм	Характеристика режиму	Діаметр контактної поверхні електродів, мм	Величина увімкненої ємності, мФ	Коефіцієнт трансформації	Зусилля стиску, Н (кг)	Результати випробувань
		Нормальний					
		Зі зменшенням одного з параметрів					
		Зі збільшенням одного з параметрів					

## ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аверин И. В. Сварка трением в инструментальном производстве / И. В.Аверин, Н. Н.Кабанов. – М.;Л.: Машгиз, 1962. – 304 с
- 2 Аксельрод Ф. Л. Контактная сварка. – М.: Высшая школа, 1964. – 211 с.
- 3 Белов А. Б. Конденсаторные машины для контактной сварки. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 172 с.
- 4 Бобринский Ю. Н. Устройство и наладка контактных сварочных машин / Ю. Н.Бобринский, Н. П.Сергеев. – М.: Машиностроение, 1967. – 85 с.
- 5 Бортняков Ю. Л. Проектирование систем управления электросварочным оборудованием на базе микроЭВМ // Электротехника. – 1982. – №5. – С. 51–54.
- 6 Галактионов А. Т. Электросварщик. – М.; Свердловск: Машгиз, 1961.
- 7 Гельман А. С. Технология и оборудование контактной электро-сварки. – М.: Машгиз, 1960. – 128 с.
- 8 Глебов Л. В. Установка и эксплуатация машин контактной сварки / Л. В.Глебов, Ю. И.Филиппов, П. Л.Чулошников. – Л.: Энергия, 1973. – 93 с.
- 9 Глебов Л. В. Расчет и конструирование машин контактной сварки / Л. В.Глебов, Н. А. Пескарев, Д. С.Файгенбаум. – Л.: Энергоиздат, 1981. – 211 с.
- 10 Глебов Л. В. . Расчет и конструирование машин контактной сварки / Л. В. Глебов, Ю. И. Филиппов, П. Л. Чулошников. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 174 с.

*Навчальне видання*

КАТРЕНКО Віктор Трохимович,  
ПРЕСНЯКОВ Віктор Анатолійович,  
ЛИСАК Віталій Карпович,  
ГОЛУБ Денис Михайлович

**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК**  
**для проведення лабораторних робіт**  
**з дисципліни**  
**«ТЕХНОЛОГІЯ Й МАШИНИ**  
**КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ»**  
**для студентів зварювальних спеціальностей**

Редактор

О. М. Болкова

Комп'ютерна верстка

О. П. Ордіна

40/2006. Підп. до друку . Формат 60 x 84/16.  
Папір офсетний. Ум. друк. арк. 9,75. Обл.-вид. арк. 7,09.  
Тираж прим. Зам. № .

Видавець і виготівник  
«Донбаська державна машинобудівна академія»  
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру  
серія ДК №1633 від 24.12.03.