

§ 48. Вугільні електроди

Вугільні електроди застосовують при зварюванні вугільною дугою методом Бенардоса при нагріттюванні твердих стопів і при різанні металів вольтовою дугою.

За матеріалом вугільні електроди поділяються на графітові і власне вугільні. І ті і другі виготовляють у вигляді стрижнів круглого перерізу діаметром від 5 до 30 мм і довжиною 200—300 мм. Графітові електроди мають питомий опір примірно вчетверо менший, ніж вугільні, тому для графітових електродів застосовується велика сила струму.

Нормально застосовувана сила струму для вугільних і графітових електродів вказана в табл. 16.

Таблиця 16

Діаметр електродів		5	6,5	10	12,5	16	20	22	25	30
Сила струму в амперах	Вугільний електрод	25	40	70	90	120	140	175	200	250
	Графітовий електрод	100	125	190	250	325	400	500	600	750

РОЗДІЛ VIII

АВТОМАТИЧНЕ ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ

§ 49. Переваги і хиби автоматів

Великою хибою ручного дугового зварювання є залежність якості шва від індивідуальних особливостей зварювальника. Шво, виконане навіть одним і тим же зварювальником, може бути неоднорідним по всій довжині, бо на якості шва може позначитися втомата зварювальника, його настрої і цілий ряд інших обставин. Усунення цих хиб можна досягти автоматизацією процесу зварювання.

Автомати, крім однорідності якості шва, дають ще цілий ряд переваг, головними з яких є економія електродного матеріалу і велика продуктивність. Економія електродів зумовлюється тим, що при автоматичному зварюванні в станок закладається бухта електродного дроту, який поступово розмотується і подається до дуги. Таким чином дріт використовується цілком і ніяких огарків не залишається.

Збільшення продуктивності досягається, поперше, внаслідок того, що немає перерв для зміни електродів, а подруге, автомат дозволяє вживати вищі сили струму, ніж при ручному зварюванні. При ручному зварюванні струм підводиться до електрода в місці затиску його в електродотримачі, тобто в верхній його частині, і вся довжина електрода вводиться в електричне коло. Це до певної міри обмежує можливість збільшувати силу струму, бо електрод розжарюється до червоного жару, при чому встигає весь розтопитися. В автоматах струм до електродного дроту

підводиться біля самої дуги, тобто в електричне коло вмикається всього якихнебудь 50—80 мм довжини електрода. Це дозволяє значно підвищувати силу струму і тим самим збільшувати швидкість натоплювання.

Правда, стахановці-зварювальники досягли при ручній роботі значних результатів і в деяких окремих випадках перекрили норми автоматичного зварювання. Це слід віднести не за рахунок недосконалості автоматичного зварювання, а за рахунок того, що, очевидно, стахановські методи роботи не охопили ще автоматичного зварювання, яке взагалі слабо розвинуте на наших підприємствах. Крім того, стахановці-зварювальники при ручному зварюванні застосовують збільшені діаметри електродів (6—10 мм), тоді як сучасні автомати пристосовані для електродного дроту діаметром не більше 5 мм.

Якщо порівняти цілком однакові умови роботи, то автоматичне зварювання дає продуктивність в 2—2,5 рази вищу, ніж ручне. Якщо ж прийняти до уваги, що при налагодженому процесі автоматичного зварювання в цехові за двома і навіть більшим числом станків може наглядати один зварювальник, то фактична продуктивність зварювальника при автоматичному процесі буде в багато раз більша, ніж при ручному.

§ 50. Системи автоматів для зварювання металічним електродом

Автомат для дугового зварювання має зварювальну головку, яка є головною частиною автомата і служить для запалювання і підтримування вольтової дуги, станок, в якому закріплюється зварювальний предмет і по якому переміщається третя частина автомата—каретка з укріпленою на ній зварювальною головкою. В деяких автоматах автоматична головка залишається нерухомою, а переміщається зварюваний предмет. В таких автоматах немає каретки, а є механізм подачі зварюваного виробу.

Найістотношою частиною, як уже згадувалося, є автоматична зварювальна головка, яка власне і замінює собою руку зварювальника. Нижче ми даємо опис різних систем автоматичних головок.

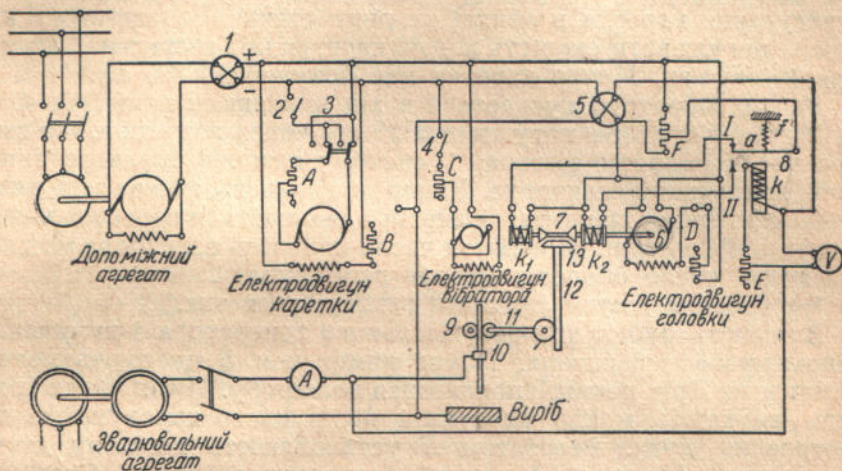
Система ГЕС у виконанні заводу „Електрик“. Завод „Електрик“ будує автоматичні головки АМГ за схемою ГЕС. Загальна схема автомата дана на фіг. 77.

Принцип роботи автоматичної головки такий. Електродвигун постійного струму 6 обертає конуси 7. Електромагніти κ_1 і κ_2 живляться від сітки допоміжного генератора через реле 8. Електродний дріт з барабана подається роликками 9 до вольтової дуги через контакт 10. Ролик 9 обертається від червяка 12 через коробку скоростей 11.

Мотор 6 обертається завжди в одному напрямі. Отже, в одному напрямі обертаються і конуси 7. Обмотка κ реле 8 увімкнена на напругу дуги. При холостому ході зварювального

генератора, електромагніт κ реле 8 притягує якорьок a , перемагаючи дію пружини f . Якорьок замикає нижній контакт II . В наслідок цього струм допоміжного генератора проходить через правий електромагніт κ_2 , який притискує правий конус 7 до горизонтального конуса 13. Конус 13 починає обертатися, примушуючи ролики 9 через систему передачі 12 і 11 подавати електродний дріт до зварюваного виробу.

В момент дотику електродного дроту до виробу напруга спадає до нуля, пружина f реле 8 відтягує якорьок a від нижнього контакту II , замикає верхній контакт I . Тепер струм допоміжного генератора проходить уже через обмотку лівого



Фіг. 77. Схема автомата АМГ

електромагніта κ , який притискує лівий конус до горизонтального конуса 13, в наслідок чого обертання горизонтального конуса змінюється на супротивне. В цьому випадку змінюється обертання роликів 9, які відсувають електрод від виробу, збуджуючи тим самим дугу. Після збудження дуги напруга на дузі підвищується, якорьок a реле 8 замикає нижній контакт II , в наслідок чого ролики 9 починають подавати електродний дріт до виробу в міру його топлення. В дальшому довжина дуги автоматично підтримується сталою. У випадку зменшення з якоїсь причини довжини дуги напруга зменшується, силове поле електромагніта κ реле 8 ослаблюється, і пружина f замикає верхній контакт I .

У випадку обриву дуги повторюється процес запалювання дуги.

Для зміни швидкості подачі електродного дроту залежно від діаметра його є коробка подач. Швидкість подачі можна змінювати також реостатом D , за допомогою якого змінюється число оборотів мотора.

Реостат E в колі електромагніта реле 8 служить для регулювання довжини дуги. Змінюючи опір кола електромагніта

реле, можна настроювати реле на меншу або більшу напругу дуги, при якій відбуватиметься подача дроту до деталі, тим самим регулюючи довжину дуги. Для збільшення довжини дуги треба реостатом збільшити опір кола обмотки k реле 8. Для зменшення довжини дуги опір реостата треба зменшити.

Допоміжний агрегат живить мотор 6 головки, мотор каретки і мотор вібратора. Він являє собою шунтовий генератор потужністю 0,25 *квт*, напругою в 60 *в*. Автоматична установка в коло допоміжного генератора вмикається двополюсним вимикачем 1.

Мотор каретки вмикається вимикачем 2. Перемикач 3 служить для зміни напрямку обертання мотора каретки, що потрібно для пересування каретки в обидві сторони станка. Реостатами *A* і *B* можна регулювати швидкість подачі каретки при зварюванні листів різної товщини. Мотор каретки має потужність 150 *вт*.

Мотор вібратора пускається в хід вмиканням вимикача 4.

Мотор вібратора потужністю 25 *вт* через редуктор, що змінює число оборотів мотора, і систему важелів викликає поперечні коливання електрода. Діапазон коливань можна доводити до 30 *мм*. Зміна діапазона коливань здійснюється перестановкою гвинта в кривошипі. Змінювати число коливань електрода можна, змінюючи число оборотів мотора реостатом *C*.

Настроєння і пуск автомата виконуються так.

Вмикають рубильник зварювального генератора і вимикач 1 допоміжного генератора. Потім вимикачем 5 пускають мотор головки 6. Дріт починає подаватися до виробу. Після збудження дуги вмикають мотор каретки і після цього приступають до настроєння дуги. Реостатом *E* установлюють довжину дуги, а реостатом *D*—швидкість подачі електродного дроту. Швидкість пересування каретки регулюється реостатами *A* і *B*.

При зварюванні широких швів вмикають мотор вібратора. Регулювання ширини і числа коливань вказано вище.

Реле 8 перед роботою має бути відрегульоване. Натяг пружини *f* має бути такий, щоб під час горіння дуги нормальної довжини якір *a* міг притягтися електромагнітом k до нижнього контакту *II*. При зменшенні довжини дуги пружинка *f* повинна відірвати якір від нижнього контакту і притягти його до верхнього контакту.

Всі вимикачі, реостати і інші прилади розміщені на розподільному щитку, який укріплений на каретці.

Завод „Електрик“ постачає автомати АМГ-1 в такому комплекті: 1) зварювальна головка, 2) каретка, 3) розподільний щиток, 4) вібратор, 5) допоміжний агрегат.

Станок заводом-замовником доводиться робити самим. Живиться автомат від звичайних зварювальних агрегатів типу СМГ-2.

При обслуговуванні автомата АМГ треба стежити, щоб:

1) конуси електромагнітної муфти установлювалися так, щоб при зчепленні одного ведучого конуса з веденим конусом зазор між другим ведучим конусом і веденим конусом дорівню-

вав 0,2—0,3 мм; величина зазору регулюється підйманням підшипника веденого конуса;

2) мастило не попадало на конуси;

3) наконечник, що спрямовує електродний дріт в шво, відповідав діаметрові дроту; кінець наконечника повинен бути від шва на віддалі 25—50 мм; цей наконечник є водночас контактом для подачі струму до електричного дроту, тому, якщо його діаметр не відповідає діаметрові дроту, контакт не буде надійним, і дуга рватиметься;

4) при роботі на силах струму понад 250 а, для уникнення нагріву головки, корпус головки був від дуги на віддалі не менше 300 мм;

5) реле було відрегульоване так, щоб при напрузі на обмотці реле близько 10 в, якір реле перекидався з одного контакта на другий при зміні напруги на обмотці близько 0,6 в.

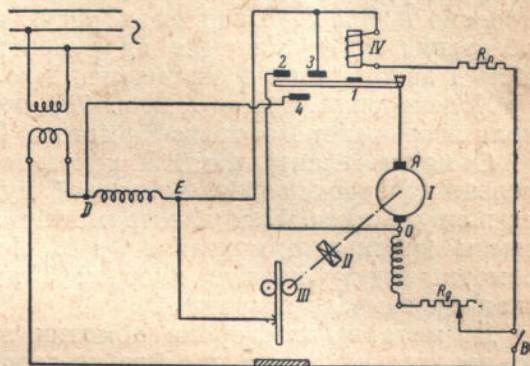
Автоматична головка типу АГЭ-1. Автоматична головка типу АГЭ-1 (завод „Електрик“) зроблена за системою інж. Шапіро. Відмінно від інших систем ця головка живиться змінним струмом.

Головка живиться від зварювального трансформатора СТ-2.

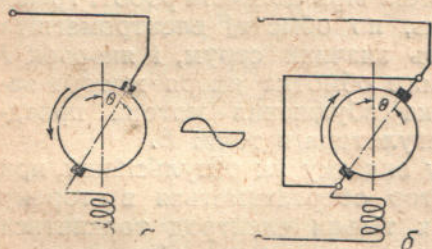
Схема цієї головки дана на фіг. 78. Головка складається з мотора I, механізму передач II, подавальних роликів III і контактора IV.

Мотор I цієї головки відрізняється від звичайних моторів, застосовуваних в автоматичних головках. Цей мотор побудований за схемою колекторних моторів змінного струму.

Схема цього мотора подана на фіг. 79. Як видно з фіг. 79 а, ця схема нічим не відрізняється від звичайної схеми мотора постійного струму серієсного збудження. Пропускаючи через такий мотор змінний струм, ми матимемо взаємодію між магнітним потоком збудження і струмом в роторі, яка в результаті дає обертання ротора. Та обставина, що струм змінний, цьому не перешкоджатиме, бо одночасно змінюватимуться напрями струму в роторі і магнітного потоку збудження, що в результаті даватиме момент обертання весь час одного напрямку. Якщо щітки



Фіг. 78. Схема автомата АГЭ-1



Фіг. 79. Схема колекторного мотора змінного струму

мотора, зсунути на кут θ від осі магнітного потоку, замкнути накоротко (фіг. 79 б), то мотор стане репульсійним. Репульсійні мотори змінюють швидкість обертання залежно від положення щіток на колекторі, бо залежно від цього змінюється магнітний потік збудження, а значить, і величина моменту обертання. Переміщенням щіток по колектору можна також змінити напрям магнітного потоку збудження, а значить, і напрям обертання ротора. Напрямок обертання збігається з напрямом зміщення щіток. Тому, якщо колекторний мотор (фіг. 79 а) замиканням накоротко щіток перетворити в репульсійний (фіг. 79 б), напрям обертання його зміниться на супротивний¹. Ця саме властивість і використана в автоматичній головці АГЭ-1.

Колекторний мотор *I* (фіг. 78) приєднаний до вторинного кола зварювального трансформатора СТ-2 через контактор *IV*.

Обмотка електромагніта контактора *IV* приєднана паралельно до зварювальної вольтової дуги, тобто вона увімкнена на напругу дуги. Цей електромагніт притягує якорьок *I*, тим самим замикаючи контакти *2* і *3*. При відсутності струму в обмотці електромагніта якорьок *I* під впливом власної ваги спадає і замикає контакт *4*.

До мотора *I* із сторони обмотки збудження через реостат R_g приєднаний провід, що йде до зварюваної деталі. Контакт *2* контактора приєднаний до точки *O* мотора, що є загальною точкою якоря і збудження мотора. Щітка *A* мотора приєднана до якорька *I*. Контакт *4* приєднаний до проваду, що йде від трансформатора до регулятора (точка *D*). Рубильник *B* служить для зупинення і пуску головки.

Робота головки відбувається так. При холостій роботі трансформатора, коли дуга не горить, по обмотці електромагніта контактора *IV* проходить досить значний струм, і якорьок *I* замикає контакти *2* і *3*. Цим самим обмотка якоря мотора замикається накоротко, а обмотка збудження мотора приєднується до кола індукційного регулятора в точці *E*.

Мотор працюватиме в даному випадку як репульсійний, причому щітки зсунуті так, що мотор обертається в сторону подачі електрода до виробу. Як тільки електрод торкнеться деталі, напруга дуги спадає до нуля, що викличе відрив якорька *I* від контактів *2* і *3* і замикання ним (під впливом власної ваги) контакта *4*. Таким чином щітки мотора розімкнуться, і якір його через контакт *4* приєднається до точки *D* зварювального агрегата. Мотор, таким чином, перетвориться з репульсійного в серієсний, і ротор мотора змінить напрям обертання на супротивний, що викличе відрив електрода від деталі і збудження дуги. В цей момент напруга на дузі зростає, з'явиться струм в електромагніті контактора, і якорьок замкне контакти *2* і *3*, перетворюючи мотор знову з серієсного в ре-

¹ Докладніше про колекторні і репульсійні мотори див. книгу Б. Угрюмова і Г. Генселя, Основи техніки сильних токів.

пульсійний, в наслідок чого обертання змінюється, і електрод подається до деталі в міру його топлення.

Під час горіння дуги мотор працює під робочою напругою зварювального агрегата, тобто під напругою 15—20 в.

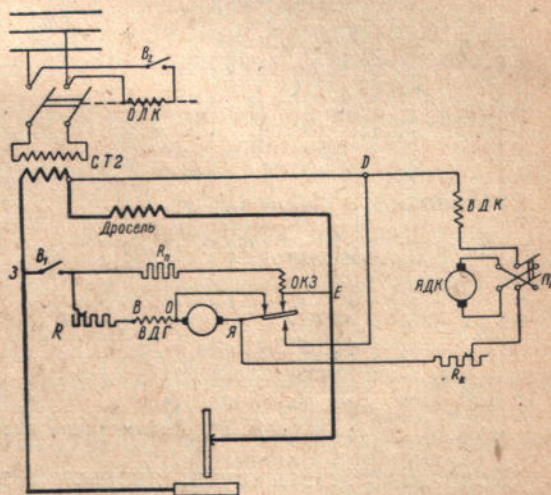
Підтримання сталої довжини дуги відбувається автоматично, бо при збільшенні довжини дуги збільшується напруга на дузі, від чого збільшується швидкість обертання мотора, і електрод швидше подається до деталі. Це відновлює нормальну довжину дуги. При зменшенні довжини дуги зменшується напруга на ній, мотор зменшує швидкість обертання, електрод уповільнює рух до деталі, і нормальна довжина дуги відновлюється.

Величину дуги можна регулювати за допомогою реостата R_g (фіг. 78), увімкненого послідовно в коло мотора. Збільшуючи опір, здвжують дугу і, навпаки, зменшуючи діючий опір, зменшують довжину дуги. Регулювати довжину дуги можна також зміною кута зміщення щіток.

На фіг. 80 дана монтажна схема автомата АГЭ-1 з кареткою.

Зварювальні проводи приєднуються до зварюваного виробу і до контактної колодки зварювального дроту (електрода). Клеми панелі $З$, $Е$ і $Д$ сполучаються із зварювальним агрегатом. Мотор головки має борновий щиток, на якому три виводи: $Я$ —якір, $О$ —загальний і $В$ —обмотка збудження. Ці три виводи приєднуються до однойменних клем на панелі головки. Всі інші приєднання проводяться на заводі-виготовлювачі із задньої сторони панелі. Мотор каретки має чотири виводи, які розположені на двох борнових щитках. Виводи $ОС$, які йдуть від обмотки

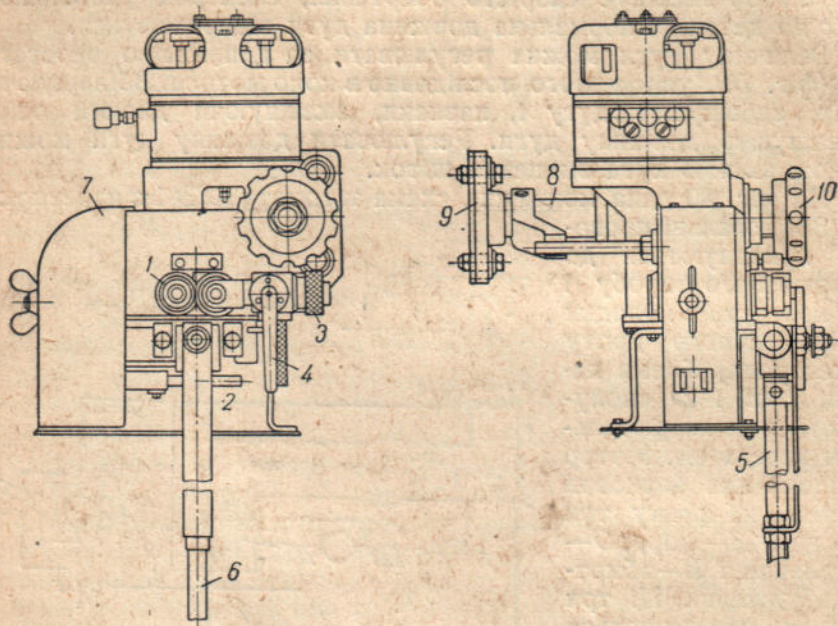
збудження мотора каретки, підмикаються один до клемми $Д$ на панелі, а другий—до перемикача ходу каретки. Інші два виводи від якоря мотора каретки підмикаються до двох клем перемикача ходу каретки. Четверта клема перемикача примикається через реостат R_k до клемми $Я$ на панелі, тобто сполучається з якорьком контактора.



Фіг. 80. Монтажна схема автомата АГЭ-1

V_1 —вимикач загальний; V_1 —вимикач головки; R —реостат регулювання довжини дуги; R_g —реостат регулювання швидкості каретки; R_k —постійний опір; $П$ —перемикач напруги руху каретки; $ВДГ$ —збудження двигуна головки; $ЯДГ$ —якір двигуна головки; $ВДК$ —збудження двигуна каретки; $ЯДК$ —якір двигуна каретки; $ОКЗ$ —обмотка контактора запалювання; $ОЛК$ —обмотка лінійного контактора.

Мотор каретки увімкнений так, що рух каретки погоджений з горінням вольтової дуги. В момент холостої роботи, коли дуга не горить і якорьок замикає контакти 2 і 3 (фіг. 78), мотор каретки виявляється увімкненим паралельно дроселю, спадання напруги в якому дуже незначне. Цієї напруги недосить для обертання мотора каретки, в наслідок чого каретка залишається нерухомою. В момент короткого замикання якорьок замикає контакт 4, і мотор стає замкнутим сам на себе, тобто каретка знову залишається нерухомою.



Фіг. 81. Автоматична головка

Коли загоряється дуга, якорьок 1 знову замикає контакти 2 і 3, але тепер по дроселю йде значний зварювальний струм, який дає спадання напруги в дроселі порядку 40—50 в. До цієї напруги виявляється приєднаним мотор каретки. Цієї напруги уже цілком досить для обертання мотора каретки, і каретка набуває руху. При випадкових обривах дуги або її зако-рочуванні каретка спинятиметься. В наслідок інерції зупинка каретки не завжди збігається з моментом обриву дуги.

Змінювати швидкість пересування каретки можна реостатом R_k . Для зміни напрямку руху каретки служить перемикач 11_k . У коло зварювального трансформатора вмикається спеціальний контактор, яким здійснюється вмикання первинного кола зварювального трансформатора. Вимикач контактора B_2 поміщається на панелі автоматичної головки, що дуже полегшує вмикання зварювального трансформатора. Швидкість пересування каретки може змінюватися в межах від 5 до 50 м/год.

Потужність мотора головки 100 *вт* при напрузі 15—25 *в*. Мотор каретки має потужність 100 *вт*, напругу 50 *в*, силу струму 2 *а*. Опір реостата R_g в колі мотора головки дорівнює 2,1 *ома* і розрахований він на силу струму в 6 *а*. Вага головки без каретки—близько 20 *кг*.

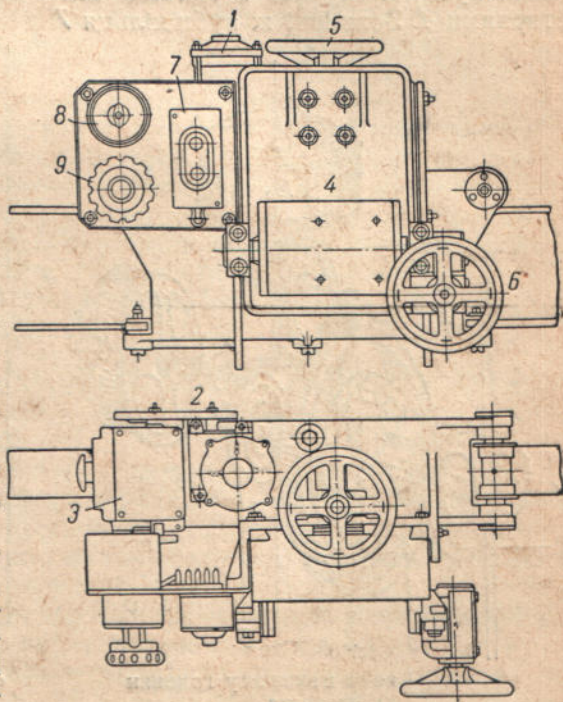
На фіг. 81 показано загальний вигляд головки. Ведучий ролик 1 служить для подачі електродного дроту, який притискується до нього холостим роликком 2. Ступінь натиску холостого ролика регулюється гайкою 3. Ручкою 4 холостий ролик відводиться при зарядженні нової бухти електродного дроту. Електродний дріт проходить через стальну трубку 5 і виходить з мідного наконечника 6. Внутрішній діаметр наконечника відповідає діаметрові електрода. Головка має комплект наконечників для діаметрів електрода 3, 4, 5 і 6 *мм*.

Пристрій для поперечного коливання електрода міститься з лівого боку (позначений цифрою 7). Вісь головки 8 закінчується фланцем кріплення 9. Маховичком 10 головка переміщається перпендикулярно до шва.

На фіг. 82 показано загальний вигляд каретки типу АКЭІ-2. На цій каретці кріпиться головка. Каретка переміщається вздовж шва. На каретці є асинхронний мотор 1, червячний редуктор 2, коробка скоростей 3. Каретка може переміщатися з 18 різними скоростями від 8 до 80 *м/год*.

Зварювальна головка кріпиться в скобі 4, яка маховичком 5 може переміщатися у вертикальному напрямі і маховичком 6—навколо горизонтальної осі. Таким чином можна легко установлювати зварювальну головку на потрібній віддалі від шва і надавати їй потрібного нахилу відносно шва.

На щитку зліва розміщені пускова кнопка 7, двополюсний перемикач 8 для зміни напрямку руху каретки і маховичок 9. Маховичком 9 можна від'єднати передавальний механізм для вільного переміщення каретки від руки. Для цього треба махови-

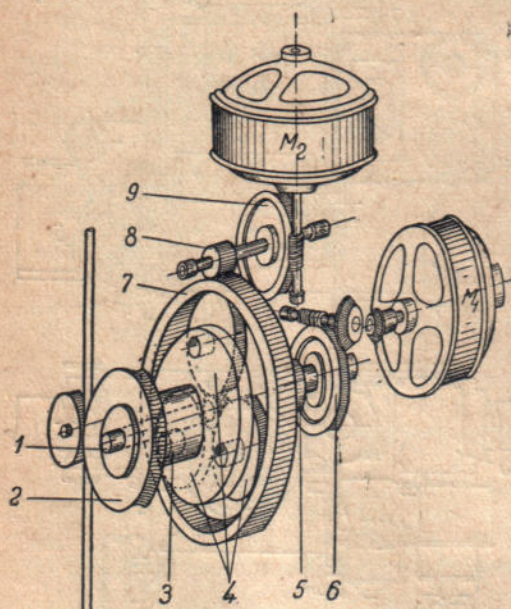


Фіг. 82. Каретка автомата

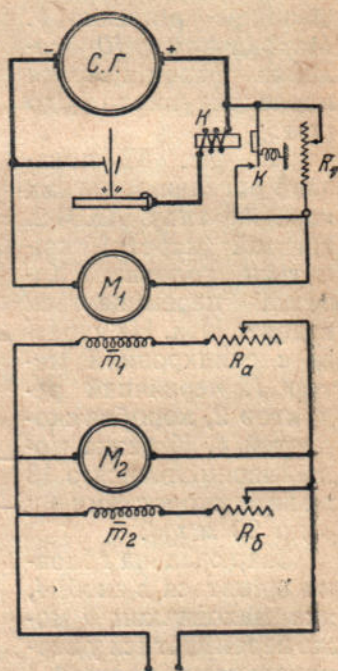
чок 9 подати по осі від себе, після цього обертанням маховичка в ту або іншу сторону можна пересувати каретку в потрібному напрямі.

Автомат АГЭ-1 має ту істотну перевагу перед іншими системами, що він, працюючи на змінному струмі, значно зменшує явище магнітного дуття. Явище магнітного дуття дуже утруднює застосування автоматичного зварювання на постійному струмі.

Система інж. Бушtedта. Механізм зварювальної головки інж. Бушtedта показаний в аксанометричній проекції на фіг. 83. Подача електродного дроту провадиться роликком 2. Ролик укріплений на втулці 3, що має фланець. На фланці є три осі, на яких вільно обертаються шестерні 4. Всередині втулки 3 проходить основний валік 1 з профрезерованою частиною у вигляді шестерні. На цьому ж валіку вільно обертається втулка 5 з кільцем 7, яке має внутрішні і зовнішні зуби. Внутрішні зуби сполучені з трьома шестернями 4. Зовнішні ж зуби кільця 7



Фіг. 83. Схема механізму головки Бушtedта



Фіг. 84. Електрична схема автомата Бушtedта

сполучаються з шестернею 8, яка сидить на одному валіку з червячною передачею 9. Друге червячне колесо 6 укріплене на кінці валіка 1.

Кожна з червячних передач обертається від моторів M_1 і M_2 . Мотори мають таке обертання, що при обертанні мотора M_1 ролик 2 подає електрод вниз; при обертанні мотора M_2 електрод подається вгору. При одночасній дії двох моторів обертання

ролика 2 є результатом різниці числа оборотів, одержуваних від кожного мотора окремо.

Описана будова являє собою епіцикличний зубчастий механізм, особливість якого полягає в тому, що один і той же ролик обертається від двох цілком незалежних моторів.

Електрична схема автомата Буштедта дана на фіг. 84. Розглянемо три періоди роботи автомата.

В період холостого ходу якір мотора M_1 через реостат R_1 працює під напругою холостого ходу зварювального генератора. Реостатом R_1 можна регулювати необхідне число оборотів мотора. В момент холостого ходу в результаті дії обох моторів матимемо подачу електродного дроту вниз із швидкістю близько 0,8 мм/сек.

В момент короткого замикання напруга генератора спадає, і мотор M_1 гальмується. В цей момент залишається дія тільки мотора M_2 (живиться від незалежного джерела струму), який подає електрод вгору із швидкістю близько 15 мм/сек. Як тільки електрод відірветься від деталі, починає діяти мотор M_1 , і електрод знову починає подаватися вниз із швидкістю, яка відповідає швидкості топлення електродного дроту.

Мотор M_1 несе головне навантаження в роботі зварювальної головки і здійснює автоматично саморегулювання довжини зварювальної дуги. Мотор M_2 — допоміжний. Головка дуже проста для обслуговування. При живленні зварювальної головки від зварювального генератора СМГ-2 для живлення мотора M_2 не потрібний окремий генератор. Мотор M_2 в цьому випадку приєднується до однієї головної і допоміжної щіток. Як відомо, напруга між цими щітками завжди стала і не залежить від режиму вольтової дуги.

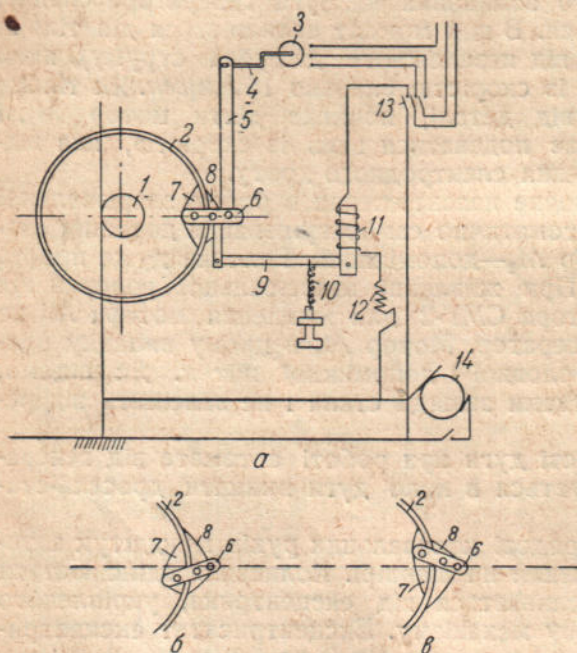
Для більшої стійкості дуги при роботі автомата від генератора СМГ-2 рекомендується в коло дуги вмикати дросель-стабілізатор.

Для надання електродові коливальних рухів мундштук автомата Буштедта укріплений на шарнірі. Коливання здійснюється через шатун, який коливається від ексцентрика, укріпленого на центральному валику механізму. Ексцентриситет ексцентрика можна установлювати в межах від 0 до 5 мм.

Для відсисування газів, що виділяються при зварюванні, на мундштуку укріпляється витяжний ковпак, від якого йде гумовий шланг до ексаустера.

Система Дульчевського. Схема головки Дульчевського дана на фіг. 85 а. Мотор 3 живиться від сітки трифазного струму через рубильник 13. Цим же рубильником вмикається на напругу вольтової дуги електромагніт 11. Мотор 3 за допомогою ексцентрика 4 надає поворотно-поступного руху важелю 5, який шарнірно зв'язаний із скобками 6. Між скобками 6 укріплені дві колодки 7 і 8, які з двох сторін охоплюють обід колеса 2, що сидить на одній осі з ведучим електродний дріт роликом 1.

Коли скоби 7 і 8 розміщені в радіальному напрямі, як показано на фіг. 85 а, колодки від руху, який надається їм важелем 5, вільно ковзають по ободу колеса 2, яке в цьому випадку знаходиться в спокої. Таке положення скоби приймають в тому випадку, коли сила притягання електромагніта 11 зрівноважує пружину 10. Під час холостого ходу, коли напруга зварювального генератора вища, ніж при горінні дуги, електромагніт втягує якорьок, який за допомогою важеля 9 надає колодкам 7 і 8 положення, вказаного на фіг. 85 б. При такому положенні колодки від коливального руху важеля 5 вільно ковзатимуть вниз по ободу, а при рухові вверх затискуватимуть обід і надаватимуть йому обертання проти годинникової стрілки. При такому рухові ведучий ролик 1 подаватиме електродний дріт до виробу.



Фіг. 85. Схема головки Дульчевського

Під час короткого замикання, коли напруга зварювального генератора спадає до нуля, пружина 10, відтягує важіль 9, і колодки 7 і 8 набувають положення, вказаного на фіг. 85 в. При такому положенні колодки вільно ковзатимуть вверх і захоплюватимуть обід при рухові вниз, тобто надаватимуть ободу обертання за годинниковою стрілкою. Ведучий ролик при цьому відірве електродний дріт від виробу, і дуга загориться. Далше підтримання дуги здійснюватиметься автоматично взаємодією

пружини 10 з електромагнітом 11. Регулювати довжину дуги можна або зміною величини опору 12, або ступенем натягу пружини 10.

Електромотор 3 дає 940 об/хв. Потужність мотора 0,5 кв. Цей же мотор приводить в рух каретку автомата вздовж шва.

Порівняння розглянутих систем автоматів

Всякий автомат повинен відповідати трьом основним вимогам:

1. За конструкцією і схемою автомат повинен бути простий в роботі і приступний зварювальнику середньої кваліфікації.

2. Автомат повинен автоматично запалювати дугу і підтримувати її сталої довжини.

3. У випадку обриву дуги повторне запалювання повинно здійснюватися автоматично.

Щодо другої умови, то всі розглянуті системи дають задовільні результати. Щодо простоти конструкції, то автомати систем Бушттедта, Дульчевського і Шапіро задовольнюють цю вимогу.

Якому автоматіві віддати перевагу, говорити ще рано, бо всі системи ще мало поширені на наших заводах, і достатніх відомостей про їх роботу поки ще немає.

§ 51. Автомати для вугільної дуги

А Автомати, які працюють вугільною дугою, з погляду електричних схем в більшості випадків нічим не відрізняються від

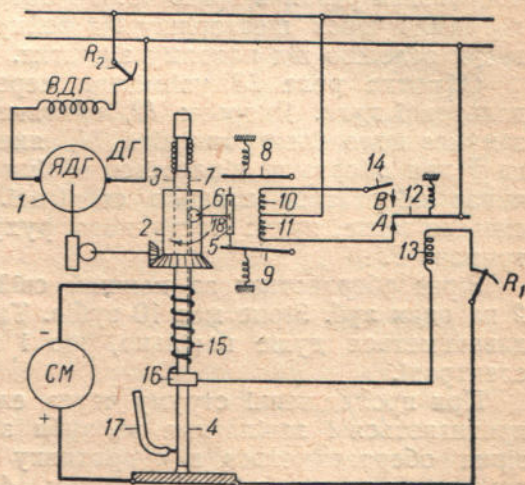
автоматів з металічною дугою. Відмінність полягає тільки у пересуванні самого електрода. Якщо в автоматі з металічною дугою електрод весь час подається до дуги, бо він топиться, у вугільному автоматі подача електрода повинна бути дуже незначна, тому що електрод дуже повільно згорає.

Відсутність періодичних замикань краплями металу значно полегшує роботу автомата в частині підтримання нормальної довжини дуги.

Вугільний електрод затискується в обіймі, яка набуває поступного руху вверх або вниз від червяка. Червяк обертається від шестерні, сполученої через перебір шестерень з моторчиком автомата.

Вугільний електрод знаходиться всередині котушки, по якій тече струм. Котушка дає сильне магнітне поле, яке спрямовує дугу. Без спрямовуючого магнітного поля дуга дуже нестійка. Вона, як кажуть, блукає, тобто весь час змінює свій напрям відносно осі електрода—віддувається і здовжується. При наявності котушки в наслідок впливу магнітних полів на електрони дуги спостерігається швидке обертання дуги навколо її осі, що і надає їй відповідної стійкості.

Деякі фірми, крім того, надають обертання і самому вугільному електродові. Цей прийом застосовує фірма Лінкольн. Про-



Фіг. 86. Схема автомата для вугільної дуги

цес зварювання своїм вугільним автоматом ця фірма називає „Електронік Торнейдо“ (Electronic Tornado), що в дословному перекладі значить „електронний вихор“.

На фіг. 86 зображена схема автоматичної головки типу АУГ-1 для зварювання вугільним електродом; ця головка виготовляється заводом „Електрик“ за типом фірми Лінкольн.

Вугільний електрод закріплюється в електродотримачі 3, який знаходиться всередині втулки 2. Втулка внизу, із зовнішньої сторони, має конічну шестерню, зчеплену з шестерінкою, яка обертається від мотора 1.

Втулка 2 через цю систему обертається навколо своєї осі із швидкістю примірно 30 об/хв. Разом з втулкою обертається зірчатка 5, що сидить на осі 18. Вісь зірчатки 18 зчеплена через шестерінку 6 із зубчастою рейкою 7 електродотримача. При обертанні разом з втулкою зірчатка 5 чіпляється своїми зубами за якорьки 9 або 8, залежно від положення їх, і починає обертатися разом з віссю 18. Це обертання примушує електродотримач через шестерінку 6 і рейку 7 пересуватися вниз або вверх залежно від напрямку зірчатки.

Обмотка реле 13 увімкнена через реостат R на напругу вольтової дуги. Якорьок 12, притягнутий електромагнітом 13, замикає коло електромагніта 11, який підіймає якорьок 9. Зірка 5 при обертанні чіпляється своїми зубами за якорьок 9 і починає обертатися навколо своєї осі. Це обертання, як було сказано вище, надає поступного руху вниз рейці 7 електродотримача 3.

Зірка обертається за кожний свій оборот навколо втулки 2 на один зуб. Зірка має 10 зубів. Таким чином електрод подаватиметься дуже повільно, що і потрібно при вугільному електроді.

При проходженні струму через електромагніт 10 якорьок 8 притягнеться і зачіпатиме за зуби зірки 5. В цьому випадку зірка обертатиметься в супротивну сторону, і електрод подаватиметься вверх. Рубильником 14 можна зовсім вимкнути електромагніт 10.

Електродотримач має трубчастий соленоїд 15 з контактом 16, який підводить струм до електрода. Трубчастий соленоїд охолоджується водою.

По трубці 17 подається кручений джгут, просочений особливо сумішшю (4% розчин селітри в розчині поташу і ін.). Згораючи в атмосфері дуги, цей просочений джгут дає вуглець-оксид, вуглеводні і інші гази, що створюють захисну атмосферу навколо дуги і перешкоджають оксидації металу.

Джгут подається до електрода на віддалі 10—15 мм від вольтової дуги.

Джгут просочують для того, щоб він не горів полум'ям, а тлів.

Подача джгута здійснюється двома роликами, що обертаються від електромотора головки.

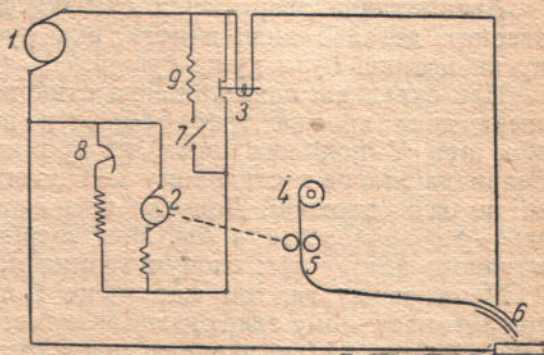
Звичайно автоматичне зварювання вугільним електродом провадиться без присадкового матеріалу. Шво утворюється за рахунок топлення відбортованих кромek основного металу. Якщо доводиться застосовувати присадковий метал, то в шво кладуть прутки у вигляді полос або круглого дроту, які і розтоплюються вольтовою дугою.

Скорість подачі джгута примірно 5—6 м/год. Витрата вугільного електрода при силі струму 200 а примірно 130—150 мм/год, електрод діаметром 10 мм.

Зварювання автоматами з вугільним електродом повинно мати застосування при масовому виготовленні бочок, резервуарів, труб, трансформаторних кожухів і інших виробів резервуарного типу з матеріалу невеликої товщини.

§ 52. Напівавтомати

Напівавтоматами називаються такі апарати, які здійснюють дуговий зварювальний процес автоматично в якійнебудь його частині. В більшості випадків напівавтомати здійснюють автоматичну подачу електродного дроту до дуги і підтримання самої дуги при незмінній віддалі сопла електродотримача від зварюваної поверхні. Роль зварювальника тут полягає в пересуванні електродотримача вздовж шва і в підтриманні сталої віддалі між кінцем електродотримача і поверхнею зварювання.



Фіг. 87. Схема напівавтомата

Такий напівавтомат складається з механізму, що автоматично подає електродний дріт, гнучкого шланга, всередині якого проходить *електродний дріт*, і електродотримача, що закінчується мундштуком для виходу електродного дроту і підведення зварювального струму. Механізм разом з бухтою електродного дроту міститься в спеціальному ящику на колесах.

Шланг може бути довжиною в кілька метрів. Під час роботи шланг не повинен перегинатися, бо це утруднює подачу дроту.

Електрична схема напівавтомата Метро-Віккерс дана на фіг. 87. Мотор 2 напівавтомата вмикається автоматично за допомогою контактора 3 в момент збудження дуги. Ролики 5, які обертаються від мотора через відповідну передачу, подають електродний дріт з бухти 4 до електродотримача 6. При роз-

риві дуги пружина контактора 3 розриває коло мотора, і подача дроту припиняється. При установленні нової бухти дроту мотор вмикають за допомогою вмикача 7, щоб кінці дроту прогнати в шланг і електродотримач. Для зміни швидкості подачі дроту при різній товщині його є реостат 8, увімкнений у шунтову обмотку збудження мотора. Нормально мотор розрахований на робочу напругу зварювального генератора 1. При вмиканні мотора для подачі дроту на холосту напругу зварювального генератора в коло увімкнений додатковий опір 9. Цей опір треба добирати відповідно до напруги холостого ходу зварювального генератора.

Напівавтомати мають знайти застосування там, де не можна застосовувати автомат, наприклад, при зварюванні гратчастих конструкцій, на монтажі і т. д. Напівавтомат дає економію електродів (немає огарків) і дозволяє збільшувати силу струму на 12—20% порівняно з ручним зварюванням.

§ 53. Технологія і техніка автоматичного зварювання

Автоматичне зварювання ставить до заготовки і складання зварних деталей вищі вимоги, ніж ручне зварювання. Тут допуски повинні бути дуже суворі.

При складанні прямолінійних стикових швів під автоматичне зварювання кромки треба обрізати на гільотинних ножицях або, при V-подібних швах, на кромкостругальних верстатах. Величина зазора в стиковому шві повинна бути строго однаковою по всій довжині. Допуски не повинні перевищувати $\pm 0,03\delta$, де δ —товщина листа в мм. При зварюванні кутових швів повітряного зазору між сполучуваними листами не повинно бути.

Магнітне дуття, що має місце і при ручному зварюванні, при автоматичному зварюванні виявляється в більшій мірі, особливо при зварюванні першого шару стикового шва. На початку шва магнітне дуття відхиляє дугу в напрямі зварювання. При віддаленні від краю магнітне дуття ослабляється і на якійсь віддалі зникає зовсім. В міру наближення до кінця магнітне дуття знову проявляється, але відхиляє дугу в сторону вже завареної ділянки. Біля самого кінця дуття стає таким сильним, що цілком здуває дугу, і зварювання доводиться припиняти.

П. П. Бушtedт вважає за одну з головних причин, що викликають відхилення зварювальної дуги, взаємодію між струмом у дузі і залізною масою зварюваної деталі. Другою причиною, яка викликає відхилення дуги при зварюванні стикового шва, на думку П. П. Бушtedта, є нерівномірний розподіл магнітного потоку, утворюваного навколо дуги в зварюваному виробі. Повітряний зазор являє собою великий опір для магнітного потоку, тому магнітний потік розміщується навколо дуги асиметрично і викликає відхилення дуги із зазора в сторону нагрітого шва. На початку шва перша причина викликає відхилення дуги, спрямоване до середини листа, а друга—до краю,

але в наслідок того, що перший фактор сильніший від другого, ми спостерігаємо відхилення до середини листа. В кінці листа дія обох факторів додається, в результаті чого маємо сильне відхилення дуги.

Для боротьби з магнітним дуттям пропонувалося багато засобів у вигляді компенсуючих пристроїв, створення вбираючих магнітних потоків і т. д. Проте реальних результатів всі ці засоби не давали.

П. П. Буштедт, працюючи над обмазками для автоматичного зварювання, помітив, що не всі обмазки дають зварювальну дугу, однаково чутливу до магнітного дуття. Обмазки, які сприяють одержанню дуги без полум'я або з невеликим полум'ям, помітно ослабляють дію магнітного дуття. До таких належить титанова обмазка, розроблена Буштедтом, рецепт якої наведено в розділі „Електроди“.

При настроєнні зварювальних автоматів треба знайти правильне співвідношення між силою струму в дузі і швидкістю пересування дуги по шву. Природно, що швидкість зварювання залежить від товщини зварюваних листів, від довжини виробу і його температури. Річ в тім, що при нагріванні виробів доводиться трохи зменшувати силу струму, а значить, і швидкість зварювання. При зварюванні коротких швів в кілька шарів доводиться зважати на нагрів металу від зварювання попереднього шару і при накладанні другого шару трохи зменшувати силу зварювального струму. Якщо шви довгі, то початок шва при накладанні другого шару встигає прохолонути, і потреби в зменшенні сили струму немає.

Довжину дуги треба регулювати залежно від роду електрода і обмазки. При роботі електродами з титановою обмазкою найкращі результати бувають при довжині дуги в 4 мм. При меншій довжині дуги дріт топиться менш спокійно.

До найлегших робіт для автоматичного зварювання належать натоплювальні роботи. При натоплювальних роботах явища магнітного дуття або зовсім немає або воно виявляється в дуже слабій мірі, не утруднюючи роботи. Натоплювальні роботи застосовуються в ремонтній справі при відновлюванні зношених деталей. В цій галузі автоматичне зварювання майже цілком може замінити ручне.

При натоплюванні зношених гребенів скатів рухомого залізничного складу рекомендується скат нахилити на 45° , що дає можливість натоплювати валики в зручному положенні.

Як уже згадувалося, зварювання стикових швів автоматами зв'язане з більшими труднощами, ніж натоплювання. Найважче — накладання першого шару. Крім застосування електродів з титановою обмазкою, для зменшення магнітного дуття іноді доцільно перший шар приварити ручним способом, щоб закрити зазор. При виконанні многшарових швів автоматами потрібна певна навичка. Накладаючи кожний окремий шар, треба звертати увагу як на правильність розположення валика, так і на

можливість раціонального розположення дальших шарів. При коливальному рухові електрода можна мати кращі результати. В табл. 17 наведені дані для стикового зварювання на автоматі П. П. Буштета.

При натопленні першого шару треба, щоб електрод займав положення по бісектрисі кута розробки кромки, бо при відхиленні від цього положення може бути непровар однієї з кромки. При зварюванні дальших шарів електродові надають коливальних поперечних рухів, бо при прямолинійному рухові електрода ми матимемо непровар кромки і негарний вигляд шва. При накладанні кількох шарів електродові доводиться надавати похилого положення, для чого його нахилиють в сторону мундштука головки на кут 15—20° відносно вертикальної осі.

Таблиця 17

Товщина м.м.	Кут скосу кромки °	Зазор м.м.	Номер шару	Діаметр електрода м.м.	Сила струму в а	Скорість зварювання м/год	Амплітуда коливання в м.м.	Кут нахилу головки	Продуктивність м/год
10	70	1,5	1	4	195	12	0	0	} 4,2
			2	5	220	10	3	0	
			Контрольний	4	230	17	1	0	
16	65	2	1	4	200	12	0	0	} 1,8
			2	5	240	7	3	0	
			3	5	240	7	3	20°	
			4	5	240	7	3	0	
			Контрольний	4	230	17	1	0	
20	60	2	1	4	200	12	0	0	} 1,4
			2	5	250	7	2	0	
			3	5	250	12	2	20°	
			4	5	250	12	2	0	
			5	5	250	7	3	20°	
			Контрольний	4	230	17	1	0	

При зварюванні обичайок проварювання контрольного шва на автоматі неможливе. В цьому випадку раціонально перед тим, як ставити обичайку в станок автомата, проварити шво всередині обичайки ручним способом. При зварюванні на автоматі тонкого заліза під шво підкладається мідна полоса для уникнення пропалів. Кромки листів мають бути точно обрізані і щільно дотикатися до мідної підкладки.

Кутові шви зварювати легше, ніж стикові. При матеріалі товщиною до 12 мм кутові шви варяться в один шар. При більшій товщині доводиться варити кілька шарів. Кращі результати одержують, коли виріб з кутовим швом нахилити, бо в противному разі утворюється наплив шва на нижній лист. Якщо виріб чомусь нахилити не можна, то треба надати нахилу

електродові під кутом близько 45° . Це здійснюється або нахиленням мундштука або всієї головки, залежно від типу і системи зварювального автомата.

Треба відзначити, що зварювальник при автоматі повинен бути натренований у роботі на автоматі і знати призначення всіх регулювальних і пускових приладів.

РОЗДІЛ IX

ДУГОВЕ РІЗАННЯ. ЗВАРЮВАННЯ І РІЗАННЯ ПІД ВОДОЮ

§ 54. Дугове різання

Вольтовою дугою можна користуватися не тільки для зварювання, але і для різання металів. Дугове різання полягає в тому, що в місці розрізу метал під впливом високої температури вольтової дуги розтоплюється і стікає вниз, утворюючи щілину з нерівними обтопленими краями.

Таким чином при дуговому різанні метал не згорає в кисні, як це має місце при газовому різанні, а відбувається витоплення металу по лінії розрізу.

В наслідок нерівності країв різіу і нижчої продуктивності дугового різання порівняно з газовим, дугове різання має відносно невелике поширення і застосовується переважно для робіт, де не потрібна чистота розрізуваних кромки (при розробці сталюого і чавунного лому, розбиранні сталюих залізних конструкцій і ін.)

Дугове різання виконується вручну вугільними або металічними електродами.

При різанні вугільним або графітовим електродом сила струму устанавлюється в 300—600 *а*. Електроди беруть діаметром 10—15 *мм*. Вугільний електрод при нагріванні його до червоного жару охолоджується водою. Струм використовується постійний при прямій полярності (мінус на електроді). Для полегшення прискорення процесу різання його треба вести так, щоб забезпечити легке видалення розтопленого металу, що особливо треба мати на увазі при різанні товстого металу. В цьому випадку різання краще всього виконувати при вертикальному положенні лінії різіу знизу вверх.

Товщина розрізуваного металу вугільною дугою може доходити до 60—80 *мм* при ширині розрізу до 25 *мм* з дуже нерівними кромками, що обплили. Продуктивність різання вугільною дугою дуже невисока, наприклад, для того щоб розрізати 1 *м* залізного листа товщиною 50 *мм*, треба часу близько години і витрачається на це близько 25 *квт-г* електроенергії.

Друга хиба різання вугільною дугою це—сильне науглецювання кромки різіу, що може утруднити механічну обробку; при різанні виробів на лом ця хиба практичного значення не має.

Різання металічним електродом можна виконувати достатньо задовільно при використанні електродів із спеціальною обмазкою, бо голій електрод через велику силу струму розжарюється до червоного жару і сам швидко топиться, що утруднює різання.

Над вишукуванням найкращої обмазки для різання металічним електродом працював Ленінградський інститут металів¹, який рекомендує обмазку з марганцьовистої руди (піролюзит) і рідкого натрового скла. Розмелена і просіяна крізь сито з 200 отворами на 1 см² руда розводиться на рідкому склі (1,5 ч. рідкого скла на 1 ч. води) до густини ріденької кашки. Обмазка наноситься на електрод занурюванням. Для електрода діаметром 4—5 мм товщина шару обмазки має бути 1—2 мм. Після обмазки електроди сушать при 40—50° протягом 10 год., а потім прожарюють при 200—300° протягом години.

Різання провадиться на змінному струмі. Сила струму для різання при електродах ЛИМ використовується для заліза товщиною до 7 мм—220 а, для більших товщин—250—260 а.

Металічним електродом з обмазкою ЛИМ можна також пропалювати в листах отвори. Для цього дугу здовжують на 5—8 мм для утворення на кінці електрода чохлика з обмазки; потім електрод плавним рухом наближають до листа і невеликим надавленням пропалюють отвір.

Дані про продуктивність електрорізання заліза металічними електродами ЛИМ наведені в табл. 18.

Таблиця 18

Товщина металу, мм	10	12	15	20	25	32
Час різання 1 лін. м в хвил.	12	15	20	26	33	42
Витрата електроенергії квт-г/м	1,51	1,89	2,44	3,38	4,33	5,64

§ 55. Дугове зварювання і різання під водою

Дугове зварювання і різання під водою застосовується головним чином при роботах, зв'язаних з підйманням затонулих суден, при ремонті підводних частин суден і при гідротехнічних роботах. З практики Експедиції підводних робіт особливого призначення (ЕПРОН) відомий випадок, коли затонуле судно підняли за допомогою приварювання способом електрозварювання до його корпусу під водою скоб, за які були закріплені підймальні пристрої.

Питанням вивчення підводного електрозварювання займалася зварювальна лабораторія МЕМДІТ під керівництвом проф.

¹ Див. статтю Горячова і Нікітіних,—Електроды для резки и прожигания дыр, „Автогенное дело“ № 2, 1933.

К. К. Хренова ¹, яка виробила склад товстої обмазки електродів для підводного зварювання. Досліди показали, що застосування електродів голих або з тонкою обмазкою для підводного зварювання не дає позитивних результатів. Обмазка, рекомендована для цієї мети проф. К. К. Хреновим, виготовляється так.

Перший дуже тонкий шар наноситься на голий електрод марки II зануренням його в пасту з порошкоподібної крейди, замішаної на водному розчині рідкого скла. Після підсушення електрод занурюють в пасту із залізо-оксиду (дрібнорозмелена окалина або залізний сурик) і рідкого скла з підсушуванням після кожного разу доти, поки товщина шару обмазки досягне примірно 1 мм, після чого електрод старанно просушується.

При використанні електродів з цією обмазкою коротка дуга горить у воді дуже стійко. Зварювати можна в усіх положеннях шва, при чому нагрітий метал дає добрі густину, міцність і однорідність структури.

При зварюванні у морській воді через наявність у ній солі і в наслідок цього підвищену електропровідність води спостерігається значне проходження струму поза дугою. Це викликає електроліз, який швидко роз'їдає обмазку електродів і утруднює зварювання. Для усунення електролізу обмазка повинна бути водонепроникною. Для цього обмазані електроди після сушіння покривають з поверхні спиртовим шелачним лаком або водним розчином рідкого скла і ще раз просушують.

Для підводного зварювання потрібна дещо більша сила струму, ніж при зварюванні на повітрі, полярність—нормальна, постійний струм дає кращі результати, ніж змінний.

Певне утруднення при підводному зварюванні являє погана видимість місця зварювання. Біля місця зварювання утворюється хмарка муті з частинок металу та оксидів, розпилюваних дугою у воді, в наслідок чого в місці зварювання видно світлу пляму—ореол. Всередині цього ореола зварювальник погано бачить і варить майже всліпу.

Підводне дугове різання провадиться майже так само легко, як і на повітрі, і при підводних роботах може успішно конкурувати з газовим різанням як продуктивністю, так і вартістю, особливо при невеликих товщинах металу. При підводному різанні металічними електродами останні мають бути покриті спеціальною обмазкою. Досліди показали, що найкраще для цієї мети підходять обмазка ЛИМ для різання на повітрі і обмазка зварювальної лабораторії Транспортної академії ².

Обмазка Транспортної академії виготовляється так. Електрод марки I обмочується в концентрований розчин цементу, розведеного на воді з добавкою рідкого скла, потім просушується при кімнатній температурі протягом 4 годин і обгор-

¹ Див. статтю проф. К. К. Хренова, Електросварка под водой, журн. „Сварщик“, № 1-2, 1933.

² Див. статтю А. І. Стефановського, Подводная электрорезка, журн. „Автогенное дело“ № 7, 1936 р.

тається в один шар полоскою газетного паперу, змоченого в рідкому склі або гуміарабіку. Обмотаний папером електрод просушується і занурюється в гумову масу для нанесення водонепроникного шару товщиною 0,2—0,3 мм, після чого знову просушується протягом доби. Товщина шару обмазки (цемент, папір і гума) для електродів діаметром 5—6 мм не повинна бути більша 1 мм на сторону.

Технологія різання під водою металічними електродами загалом та сама, що і на повітрі. Сила струму береться примірно на 20% більша, ніж при різанні на повітрі; дугу треба мати коротку для більшої концентрації тепла біля місця різі. Електрод краще нахилити в сторону різальника на кут 20—30°.

Для досягнення більшої продуктивності при підводному різанні рекомендується різати від двох увімкнених паралельно трансформаторів СТ-2 при силі струму 560—600 а і з електродами діаметром 10—12 мм, покритими спеціальною обмазкою.

Метал, який витікає з місця розрізу, у воді приймає форму пустопорожніх кульок діаметром від 1 до 14 мм; всередині кульок знаходиться вода. Стійкість дуги при підводному різанні невелика, і дуга часто переривається. Для захисту очей від світла вольтової дуги при підводному різанні до переднього ілюмінатора водолазного шлема прикріплюється по півкругу в нижній частині темне скло меншої густини, ніж при зварюванні і різанні на повітрі.

Дані про продуктивність підводного різання¹ наведені в табл. 19.

Таблиця 19

Товщина заліза, мм	5	10	20	30	40	45
Час різання 1 лн. м в хвил. . . .	6	13	18	27	46	70
Витрата електроенергії квт-г/м. . .	1,5	3,2	6,6	9,5	14,4	20,5

РОЗДІЛ X

ЗВАРЮВАННЯ В РЕМОНТНІЙ СПРАВІ

В галузі ремонту різних виробів і механізмів електродугове зварювання застосовується як для натоплювання, так і для зварювання.

§ 56. Натоплення

Натоплення—незамінимий засіб відновлення зношених частин механізмів. Після натоплення деталь звичайно обробляють різцем—проточують і стругають, щоб надати натопленій поверхні

¹ Див. А. Кринец, Подводная дуговая резка, журн. „Сварщик“, № 10, 1935.

гладкого вигляду. При недоброякісному натопленні поверхня після обробки має раковини і включення оксидів. Тому при натопленні треба дотримувати всіх основних правил зварювання, тобто добитися чистоти поверхні, працювати короткою дугою, мати доброякісний електрод, дати відповідну силу струму і т. д.

Натоплення можна робити на площину і на поверхню якої завгодно форми. До галузі натоплення належить також заварювання отворів.

При натопленні на площину зварювальнику також доводиться стикатися з явищем жолоблення від усадки металу, як і при зварюванні листів. Якщо натопити на планку валик, то планка деформується. Це явище має місце в усіх випадках натоплення



Фіг. 88. Натоплення паралелі з охолодженням водою

в тій або іншій формі. Чим тонший основний метал і чим товщий натоплений шар, тим значніше це явище.

Для зменшення деформації при натопленні треба старатися по можливості менше нагрівати наварювану деталь вольтовою дугою. У випадку наварення прямокутної планки рекомендується наварювати валики вздовж великого розміру цієї планки. При наварюванні вздовж меншого розміру тепло вольтової дуги довше затримується на невеликій порівняно поверхні, а тому і явище жолоблення буде помітніше.

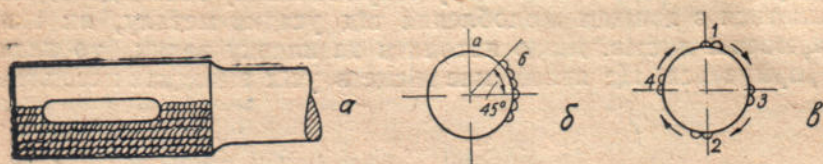
В особливо відповідальних випадках, коли жолоблення треба звести до мінімуму, застосовують охолодження водою. На фіг. 88 показано спосіб наварювання паровозної паралелі, що усуває жолоблення. Паралель А поміщається в ящик з проточною водою так, що наварювана поверхня виступає з води. Завдяки проточній воді тепло, яке розвивається від зварювання, відводиться, і температура паралелі не підіймається вище допустимих меж.

Якщо деталь після наварення піддається дальшій механічній обробці, зварювальник завжди повинен наварювати певний лишок металу, тобто давати припуск від 1 до 3 мм. Величина цього припуску визначається величиною перекриття сусідніх валиків, бо западини між валиками повинні лежати вище лінії обробки.

При натопленні циліндричних поверхонь валики наварюють по твірній циліндра. На фіг. 89а показано спосіб натоплення конусів поршневих штоків. При наваренні циліндричних поверхонь перший валик накладається в точці а (фіг. 89б), потім деталь повертають, і далі наварення робиться в точці б, яка лежить на лінії, проведеній з центра під кутом 45° до по-

ризонту. В міру нагрівання деталь повертають; положення нагріюваного в даний момент валика залишається незмінним. В цьому положенні найлегше досягається щільне нагрівання і воно найзручніше для зварювальника.

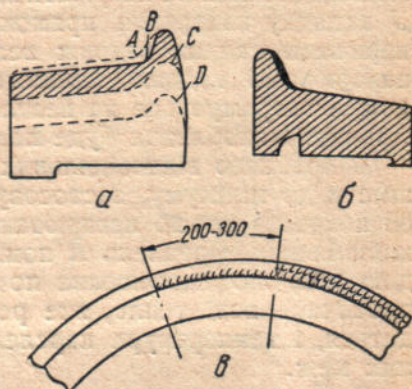
Для відведення тепла і рівномірного нагріву деталі рекомендується наварювати по циліндричній поверхні послідовно в різних точках кола: поклавши валик в одно місце, повернути деталь на 180° по колу і продовжувати зварювання в цьому місці,



Фіг. 89. Нагрівання циліндричних поверхонь

після цього повернути деталь ще на 90° , потім перейти в діаметрально протилежну точку і далі повернутися знову до вихідного місця. Сказане пояснюється фіг. 89 в, де цифрами показано порядок зварювання. Кожний валик треба нагріювати в положенні, показаному на фіг. 89 б.

З великим успіхом застосовується нагрівання гребенів на колесах рухомого залізничного складу. Тут виходить значна економія, бо зношення гребеня за технічними умовами допускається дуже незначне, після чого бандаж колеса або треба змінювати або обточувати гребінь до нормального профіля за рахунок знімання великої кількості металу. На фіг. 90 а: А—початковий обрис гребеня, В—лінія зносу гребеня після першого строку служби, С—лінія обточки гребеня для відновлення нормального профіля (штрихуванням показано, скільки металу доводиться знімати різцем), D—обрис гребеня при мінімально допустимій товщині бандажа.



Фіг. 90. Нагрівання гребеня залізничних коліс

Відновлений нагріванням спрацьований гребінь показано на фіг. 90 б. Нагрівання ведеться валиком по обводу бандажа. Нагрівання виконують секціями довжиною 200—300 мм, як показано на фіг. 90 в.

Найзручніше нагрівання виконувати вертикально знизу вгору. В міру нагрівання ділянки довжиною 200—300 мм колесо повертається в напрямі зварювання, потім нагріюють дальшу ділянку і т. д.

Натоплення провадиться також для зменшення діаметра втулок, отворів і ін. Як приклад можна навести ремонт паровозних крейцкопфів, що служать для сполучення поршневого штока з дишлами. Крейцкопф із сторони поршневого штока має втулку, куди входить конус поршневого штока, про наварення якого сказано вище. Внаслідок тертя втулка поступово розробляється, і крейцкопф. потребує заміни. В таких випадках провадять обварювання втулки всередині і потім отвір втулки проточують на токарному верстаті. Обварення втулки виконується натопленням кругових валиків по обводу втулки. Кругові валики послідовно натоплюють один на одного з дна отвору втулки вгору. Іноді втулку обварюють натопленням послідовних валиків по твірній.

Заварювання отворів також можна до певної міри віднести до натоплювальних робіт. Не зважаючи на видиму простоту, заварювання отворів—досить складна операція. При заварюванні наскрізних отворів у випадку непровару стінок вся наварка може бути вибита, як пробка. При заварюванні отворів зварювальник повинен старанно проварювати стінки отворів. Для цього електрод має знаходитися під певним кутом до поверхні отвору. Якщо діаметр отвору d менший від його глибини h , отвір треба роззенкувати або вставити в отвір шайбу і заварювати отвір з двох сторін. В противному разі не можна давати потрібний нахил електродові при заварюванні нижньої частини отвору, бо електрод даватиме замикання з верхньою кромкою отвору.

Поверхні, які потребують особливої твердості, наприклад хрестовини стрілкового переводу, наварюють марганцьовистими електродами. Склад цих електродів примірно такий: вуглецю 1,1%, марганцю—12—14%. Щоб мати добрі результати, треба застосовувати обернену полярність для зменшення вигорання вуглецю, натоплений метал проковувати при червоному жарі, щоб мати щільне натоплення, після проковування натоплення замочити водою, бо після цього метал набуває великої твердості і в'язкості (аустенітної структури).

§ 57. Ремонтне зварювання сталених виробів

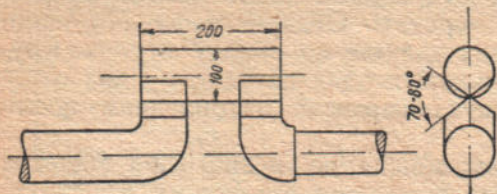
Нижче ми описуємо основні прийоми і даємо приклади виконаних робіт, що стосуються ремонту зварюванням залізних і сталених виробів.

Полами деталей бувають звичайно по одній із трьох причин: або деталь через недогляд або з якихсь інших причин зазнавала більшого навантаження, ніж те, на яке вона розрахована, або розміри деталі не відповідають її міцності при нормальному навантаженні механізму, або полами деталі можуть бути внаслідок втоми матеріалу, з якого вона зроблена.

Приступаючи до заварювання поламаної деталі, зварювальнику треба в'янути причину полама деталі і умови, в яких деталь працюватиме.

У першому випадку деталь зварюється з нормальним підсиленням шва. В другому випадку треба взяти заходів до збільшення міцності деталі, якщо дозволяє взаємне розміщення сусідніх деталей. В третьому випадку від зварювання краще відмовитися і замінити деталь, бо після зварювання така деталь звичайно скоро ламається в новому місці.

Прийоми зварювання при ремонті ті самі, що і при виготовленні нових виробів. Різниця полягає в тому, що тут доводиться пристосовуватися до існуючих форм і конструкцій деталі як з погляду механічного підготування, так і з погляду усунення усадки.



Фіг. 91. Підготовка до зварювання колінчастого вала

Нижче дається опис застосування зварювання при ремонті.

На фіг. 91 показано спосіб ремонту колінчастого вала локомотива 18 к. с., що дає 200 об/хв. Ремонт виконано електрозварювальною лабораторією Сибірського інституту металів у Томську. Вал лопнув по шийці коліна. Шийка—найменш зручне місце для зварювання, бо тут не можна зробити підсилення. Тому вдалися до такого способу ремонту. Зламану шийку вала цілком відрізали разом з частинами щік і замінили круглою заготовкою діаметром 100 мм і довжиною 200 мм (фіг. 91). В заготовці і в частинах щік, які залишилися, були зрізані фаски Х-подібного перерізу під кутом 70—80°. Після приварення заготовки її обробили на верстаті під діаметр шийки.

Зварювання виконувалося способом поступового заповнення фасок тонкими шарами електродом діаметром 4 мм.

При зварюванні валів необхідне найуважніше установлення, щоб зберегти вісь вала. Найнезначніше викривлення вала може звести нанівець всю роботу по його зварюванню, бо при обертанні вал битиме. Звичайно перед зварюванням обидві частини вала кладуть на рівну плиту і уважно вивіряють за допомогою лінійки, нитки, косинців, рейсмусів і т. д. Одночасно з вивірянням вал щільно укріплюють планками, прикріплюваними до плити болтами.

Під час зварювання треба через короткі проміжки часу перевіряти можливу деформацію вала. Робиться це за допомогою контрольної риски, проведеної по твірній вала, і двох рейсмусів по кінцях вала, установлених вістрями на риску. Якщо буде помічена деформація вала під час зварювання, його можна виправити зміною напрямку накладання валика або повертанням вала і накладанням валика з протилежної сторони. Після заповнення фасок підсилюють сполучення, накладаючи шари на поверхні щік.

При наварюванні послідовних валиків треба якнайстаранніше очищати шлак і бризки щіткою і робити насічку валиків зуби-

лом. Під час зварювання треба стежити, щоб вал сильно не нагрівався. Рекомендується установлювати вал для зварювання в підшипниках двигуна, бо в цьому випадку найлегше перевірити правильність центрування вала. Вал під час зварювання час від часу повертають у підшипниках. Якщо вал повернути не вдається, це вказує на перекіс осей.

Дуже часто колінчасті вали ламаються по щоді. В такому випадку тріщину вирубують з двох сторін і заварюють. Для підсилення ставлять дві накладні планки, які обварюють по периметру. В деяких випадках накладки укріплюють болтами, які потім обварюють.

Вал під заварювання можна обробити вручну зубилом на стругальному або довбальному верстаті, а також і газовим різанням. В останньому випадку обов'язково зачищати від окалини і шлаку.

При зварюванні деяких деталей доводиться вживати заходів проти можливої появи тріщин при усадці натопленого металу. Ці заходи спрямовані головним чином на створення умов, що полегшують усадку металу. Наприклад, при зварюванні спиці шківів, яка лопнула, слід у розроблену тріщину загнати клин, який роздає її на 2—3 мм. При заварюванні тріщин клин добре приварюється. Частину клина, що виступає, відрізають. При усадці натопленого металу розведена спиця сяде на своє місце, і залишкових напруг у ній не буде. При заварюванні тріщини без розклинювання при усадці може повинитися нова тріщина або по спиці або в ободі, бо спиця не піддаватиметься усадці. Може бути і такий випадок, що зразу після заварення тріщина не з'явиться, але і в шві будуть залишкові напруги. Ці залишкові напруги можуть бути причиною появи тріщини під час роботи шківів.

Розвести тріщину перед заварюванням можна і способом нагріву сусідніх спиць і частин обода. В таких випадках нагрівають звичайно деревним вугіллям, яке вкладають на продірявлене залізо, укріплене до обода.

В деяких виробках доводиться розводити тріщину домкратом. Після заварення домкрат прибирають, і шво при усадці не зустрічає опору сполучуваних частин.

При накладанні лат на стінках котлів, посудин і т. д. треба надавати їм овальної форми або прямокутної із закругленими кутами. Гострі і прямі кути не рекомендуються, бо вони є місцем концентрації напруг, і в більшості випадків у них з'являються тріщини. Кромки лати, як і кромки вирізаного отвору, зрізають під кутом 30—35° так, що загальний кут фаски створюється в 60—70°. Лата має опуклість, яку роблять навмисно. При усадці натопленого металу лата виправляється, тим самим розряджаючи усадочні напруги. Зварювання не слід вести весь час в одному напрямі. Тут корисно, як і при зварюванні листів, застосовувати супротивно-ступінчастий спосіб. При установленні лати її укріплюють за допомогою планок на болтах, пропущених крізь фаску, або за допомогою прихваток.

Тріщини заварюють з попередньою розробкою на всю глибину тріщини. Якщо тріщина знаходиться в листі, цупко закріпленому, наприклад в котлі, в резервуарі і ін., то перед заварюванням корисно розвести тріщину за допомогою клина, як це роблять при заварюванні спиці. В усіх випадках, де це дозволяє конструкція, тріщину треба проварити із зворотньої сторони, попередньо вирубавши напливи і шлак, що утворився від заварювання тріщин з лицевої сторони.

Щоб запобігти збільшенню тріщин при вирубуванні і заварюванні, кінці тріщин засвердлюють. Заварювання тріщин і установлення лат належать до дуже відповідальних робіт, що потребують великої практики і досвіду, бо невміло заварена тріщина, наприклад при ремонті парового котла, може призвести до великих матеріальних і людських жертв.

Існують спеціальні правила, які регламентують застосування зварювання при ремонті і будіванні парових котлів і посудин, що працюють під тиском.

§ 58. Зварювання чавуну

Залежно від складу чавуну і способу його охолодження дістають білий і сірий чавун. Білий чавун має на зламі блискучий колір і одержують його при швидкому охолодженні чавуну, коли весь вуглець в чавуні залишається в стані хімічної сполуки із залізом. Велика кількість марганцю та сірки перешкоджає виділенню вільного вуглецю, тобто сприяє одержанню білого чавуну.

Білий чавун дуже твердий і крихкий, тому він важко обробляється і використовується головним чином для переробки на сталь. Температура топлення білого чавуну $\approx 1150^{\circ}$.

В сірому чавуні вуглець знаходиться головним чином у вільному стані у вигляді графітових пластинок, вкраплених між кристалами заліза. На зламі такий чавун темного відтінку і залишає на пальцях сірий наліт графіту.

Одержують сірий чавун при повільному охолодженні вилівка. Силіцій сприяє одержанню сірого чавуну. Сірий чавун легко піддається обробці, а тому використовується на виливках різних деталей, машин і знарядь (станин, циліндрів і ін.).

Ковкий чавун виготовляють з білого або сірого чавуну при витримуванні його в печі протягом кількох діб при температурі $800-1000^{\circ}$. В цьому чавуні вуглець виділений у вигляді вуглецю відпалу.

Зварювальнику доводиться мати справу переважно з ремонтом чавунних деталей. Зважаючи на велику кількість різних складів чавуну, різноманітність чавунних виробів і характер зламу їх, а також характерні властивості чавуну, зварювання його є дуже складною і відповідальною справою. Способи зварювання чавуну істотно відрізняються від зварювання звичайної маловуглецевої сталі. Спроби зварити чавун чавунними електро-

дами тим же методом, який застосовується при зварюванні маловуглецевої сталі, дали невдалі результати. Чавунні електроди в наслідок низької точки топлення топилися з виділенням великих крапель, які падали на холодний основний метал, не стплюючись з ним. Краплі, швидко охолоджуючись, давали в результаті дуже твердий, відбілений чавун, який через свою крихкість тріскався при охолодженні.

Поступово практикою вироблено два основні способи зварювання чавуну—гарячий і холодний, з яких кожний треба застосовувати залежно від обставин і вимог, що ставляться до даної деталі. Спочатку опишемо гарячий спосіб зварювання чавуну.

При гарячому способі зварювання чавунні деталі нагрівають. В наслідок того, що заварювана деталь при зварюванні підігріта, розтоплений чавун підтримується в рідкому стані весь час зварювання. Після закінчення операції чавун застигає, і в результаті ми маємо міцне сполучення основного і натопленого металу. Процес зварювання цим способом можна розбити на п'ять окремих операцій: 1) механічне підготування деталі під зварювання, 2) формування деталі, 3) нагрів, 4) заварювання і 5) охолодження.

Механічне підготування залежить від характеру ремонту деталі. Якщо треба заварити тріщину, то тріщину вирубують з утворенням фаски в 90° . Якщо від деталі відламаний кусок, який треба відновити натопленням, то частину деталі, до якої безпосередньо примикатиме наварка, зачищається для кращого обтоплення. При зварюванні двох чавунних кусків разом їх кромки зрізають під кутом, як і при зварюванні звичайної сталі.

Двосторонній скіс кромки небажаний, бо в цьому випадку зварювання доводилося б виконувати двома прийомами. Крім того, в наслідок крихкості чавуну в деталі при перевертанні її в гарячому стані може утворитися тріщина. Формують деталь для затримання рідкого натопленого чавуну і для надання йому потрібної форми при охолодженні.

Залежно від характеру зламу або тріщини формування буває просте, що полягає тільки в підмазуванні формувальною масою тріщини знизу і з боків, і дуже складне—із використанням опок.

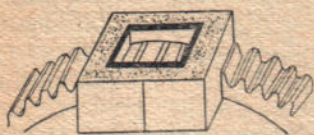
Як формувальні матеріали використовуються графітові пластинки, просіяний кварцевий пісок, замішаний на рідкому склі, іноді глина. Пісок, сцементований рідким склом,—досить міцний формувальний матеріал, який цілком заміняє графітові пластинки. Дати вказівки по формуванню для всіх випадків, які можуть зустрітись в практиці, неможливо. Тут треба уяснити тільки основні правила формування, що допоможуть орієнтуватися в роботі.

На фіг. 92 показано спосіб формування чавунної шестерні, у якої виламано кілька зубів. Формування виконано за допо-

могою опоки, зробленої у вигляді ящика. Після наварення профіль зуба вифрезерують. Діючи спеціальною формувальною ложкою або лопаткою можна виконати формовку якої завгодно конфігурації. Таким способом можна відновити всяку чавунну деталь. Після того як деталь заформована, її просушують при температурі близько 20—30°, щоб пісок трохи затвердів, і тільки після цього деталь можна нагрівати на горні. В протилежному разі формовка може потріскатися.

Чавунні деталі нагрівають деревним вугіллям в спеціальних горнах або навколо деталі роблять суху кладку з цегли і нагрівають.

Великі деталі (паровозні циліндри і ін.) нагрівають в ямах, які викладають цеглою і внизу роблять прохід для повітря.



Фіг. 92. Формування для гарячого зварювання шестерні

Необхідність нагрівання чавунної деталі перед зварюванням диктується двома обставинами. В кожній чавунній деталі після виливання залишаються внутрішні напруги, які можуть бути причиною появи тріщини при зварюванні. При нагріванні деталі ці напруги значно ослаблюються. Друга обставина полягає в тому, що коли

рідкий чавун падає на холодну поверхню, то він відбілюється, тобто стає крихким і не зварюється з деталлю.

Деталі треба нагрівати до температури червоного жару (600—700°). В деяких випадках, коли деталь має просту форму, без різких переходів з великого перерізу до меншого і без різних приливів, ребер і т. д., можна обмежитися тільки нагріванням місця, яке безпосередньо будуть нагрівати. Проте в більшості випадків рекомендується нагрівати рівномірно всю деталь.

При нагріванні треба стежити за тим, щоб не спалити тонкі частини деталі, які випадково можуть потрапити в зону сильного жару. Нагрівання великих деталей (циліндри і ін.) триває іноді протягом 12—15 год. Після того як деталь нагріта, можна приступити до зварювання.

Перед нагрівом деталь слід установити так, щоб місце зварювання було розположене горизонтально. Треба уникати перевертання деталі в нагрітому стані.

Перед зварюванням деталь закривають азбестовим листом, залишаючи відкритим місце, яке треба зварювати. З формовки ручним міхом видувають вугілля, сміття і ін., що попали туди.

Зварювання можна виконувати як постійним, так і змінним струмом. При зварюванні на постійному струмі застосовують пряму полярність. Як електроди використовують чавунні палички діаметром від 5 до 20 мм залежно від величини зварюваної деталі і кількості нагрівання. Електроди виливають з чавуну такого хімічного складу: 3,0—3,9% вуглецю, 3,0—3,5% силіцію, 0,5—0,8% марганцю, до 0,6% сірки, до 0,8% фосфору.

Сила струму при гарячому зварюванні коливається від 300 до 1000 а залежно від товщини стінок деталі і діаметра електродів:

Діаметр електродів мм	Сила струму а
5—8	300—400
8—15	400—500
15—20	500—1000

Якщо немає потужної зварювальної машини, то сполучають паралельно дві машини. При зварюванні на змінному струмі сполучають паралельно два зварювальні трансформатори.

Процес при гарячому зварюванні відбувається зовсім інакше, ніж при холодному зварюванні, де розтоплюється метал тільки безпосередньо під електродом і зразу ж застигає при переміщенні електрода далі. При гарячому зварюванні весь нагрітий метал знаходиться в рідкому стані до закінчення нагрівання, після чого починається затвердіння металу.

Процес треба вести без перерв, через що іноді нагрівання ведуть два зварювальники, при чому один працює, а другий стоїть наготові із зарядженим електродотримачем, з тим щоб без загаювання продовжувати зварювання, як тільки перший зварювальник розтопить весь електрод або втомиться. Зварювальники надягають звичайно захисні шлеми, щоб обидві руки були вільні.

Зважаючи на велике виділення газів, над горном роблять витяжний ковпак.

Для прискорення процесу зварювання в рідку ванну кидають куски розбитих електродів, стежачи за їх розтопленням.

Зварювальник повинен стежити, щоб чавун, який стікає з електрода, попадав на рідкий уже або близький до топлення основний метал. Час від часу треба плаваючий на поверхні шлак видаляти, захоплюючи його чавунним стрижнем. Як засіб, яким уберігають рідкий чавун від окисації, у ванну час від часу підкидають буру. Якщо рідкий нагрітий метал дуже під'їдає метал деталі, це вказує на те, що температура ванни надто висока. Підкидаючи куски електрода, можна знизити температуру ванни. Якщо рідкий метал не стоплюється з металом деталі (що визначається за обрисом рідкого металу в місці стикування з твердим), то це значить, що температура ванни низька. В цьому випадку треба або збільшити силу струму або підвищити ступінь нагріву металу в горні.

Площа ванни не повинна перевищувати 50 см^2 , бо на більшій площі важко підтримувати чавун у рідкому стані. Тому коли місце, яке треба наварювати, перевищує площу 50 см^2 , то його ділять на ділянки графітовими плитками так, щоб кожна ділянка не перевищувала 50 см^2 ; тоді ці ділянки наварюють послідовно. Нагрівши одну ділянку, виймають графітову перегородку і починають наварювати другу ділянку.

Закінчивши наварювання, треба вжити заходів проти швидкого охолодження деталі, бо в противному разі наварений ча-

вун відбілюється, а деталь при швидкому охолодженні може дати тріщину. Тому після закінчення зварювання поверхню наварки засипають дріб'язком деревного вугілля, деталь залишають в горні або ямі, куди підкидають вугілля, старанно захищають від протягів і вітру, і в такому положенні деталь вихолоджується разом з горном. Охолодження великих деталей триває кілька діб.

Частими дефектами гарячого зварювання чавуну бувають пористість натоплення і твердість його. Пористість утворюється найчастіше в результаті застосування недоброякісних електродів, вилитих у вологі форми, які зроблені в брудній формувальній землі, що забруднює електрод туготопкими шлаками. Крім того, причиною пористості може бути швидке застигання верхнього шару натоплення, тоді як внутрішні шари ще рідкі. Гази, які виділяються цими шарами, не можуть вийти і, залишаючись в металі, утворюють пори.

При гарячому зварюванні чавуну треба використовувати електроди, що зарекомендували себе і мають дуже чисту і гладку поверхню.

Іноді, для того щоб підтримати довше поверхню натоплення в рідкому стані і дати можливість затвердіти внутрішнім шарам, запалюють знову дугу на невеликий проміжок часу, поки зовнішній шар почне гуснути.

Якщо чавун довгий час перебував під дією високої температури або кислот то зварювання його дуже утруднене і часто зовсім неможливе. Пояснюється це тим, що структура такого чавуну цілком змінюється, і під дією вольтової дуги він виділяє велику кількість газів, які утворюються в наслідок реакції вуглецю із залізо-оксидом, що появляється в чавуні від тривалої дії високих температур.

Гарячим способом зварюють чавун там, де від зварення вимагається абсолютна густина, щільність, оброблюваність різцем, і там, де деталь можна зняти з машини або верстата.

Холодне зварювання виконують звичайними електродами з маловуглецевої сталі; ніяке попереднє нагрівання деталі при цьому не потрібне.

Зважаючи на те, що міцність топлення маловуглецевої сталі (заліза) з чавуном дуже незначна, доводиться вдаватися до додаткових елементів у вигляді сталєних шурупів, які значно збільшують міцність сполучення натоплення з чавуном. Крім цього, шурупи перешкоджають відставанню натоплення при охолодженні шва в наслідок різних коефіцієнтів усадки заліза і чавуну.

На фіг. 93 а показано спосіб установлення шурупів. Шурупи ставлять на скошених кромках шахматним порядком. Для цього свердлять отвори, нарізають різьбу, і в них загвинчують шурупи, які не повинні хитатися в отворах.

Діаметр і кількість шурупів залежать від товщини чавунної деталі. Якщо через h позначити товщину деталі, то діаметр

шурупів d береться від 0,3 до 0,4 h , але не більше 13 мм. Глибину загвинчування шурупів a беруть рівною від 1,0 до 1,5 d , але не більше 0,5 h . Віддаль між шурупами b беруть від 4 до 8 d . Висота частини шурупів, що виступає, дорівнює звичайно діаметрові шурупа.

При зварюванні товстих деталей ставлять два ряди і більше шурупів (фіг. 93 б).

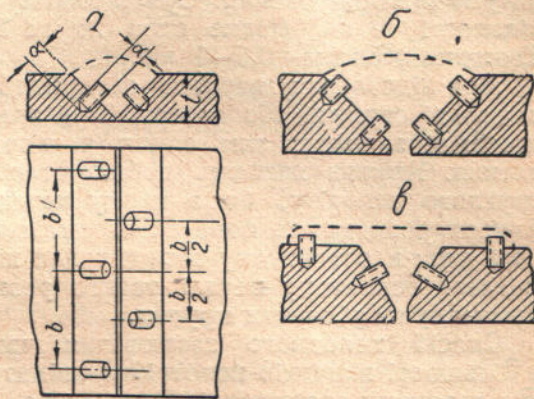
Іноді шурупи ставлять по сторонах фаски, як це показано на фіг. 93 в. Зварювання можна вести як на змінному, так і на постійному струмі; при цьому в останньому випадку застосовують обернену полярність, бо електрод має вищу точку топлення, ніж чавунна деталь.

Порядок зварювання такий. Насамперед обварюють шурупи концентричними валиками. Після того як на обох кромках наварено шар сталі, провадять зварювання, як звичайно при зварюванні сталі.

Перший шар вбирає з чавуну якусь кількість вуглецю, через що в металі цього шару міститься значна кількість вуглецю, а при застиганні він загартовується і стає твердим і крихким. В дальших шарах вміст вуглецю поступово зменшується, доходячи у верхньому шарі до вмісту його в маловуглецевій сталі. При усадці шва шари з малим вмістом вуглецю мають певну в'язкість і рідше дають тріщини. Якщо зварюють без установа шпильок, зазор між зварюваними кромками роблять таким, щоб він не заповнювався одним шаром. В противному разі нагрітий шар навуглецюється, стає крихким, тріскається або відстає від чавуну при усадці.

Зварювання провадять тонкими шарами, спостерігаючи весь час за температурою і за підвищенням температури деталі. Нагрів деталі не повинен підвищуватися вище від температури, яку терпить рука. Підвищення температури чавунної деталі при холодному зварюванні небезпечно, бо місцевий нагрів зумовлює появу напруг, які, складаючись із залишковими напругами, що майже завжди є в чавунних деталях, служать причиною появи тріщин. Тому, як тільки температура підіймається вище допустимої межі, зварювання треба припинити і дати деталі охолонути.

Перші шари, які безпосередньо накладаються на чавун, наварюють тонкими електродами (2—3 мм) при силі струму



Фіг. 93. Розстановлення шпильок при холодному зварюванні чавуну

65—100 а. Наварювати перші шари електродами більшого діаметра не рекомендується, бо при цьому буде великий нагрів, а значить, і інтенсивніший перехід вуглецю в натоплюване шво, що, як уже сказано вище, дає дуже тверду і загартовану зону.

Електроди використовують обмазані. Обмазка повинна розкислювати наварюваний метал, а також трохи затримувати швидке охолодження шва, зменшуючи цим загартування.

Подаємо склад однієї з таких обмазок (у вагових одиницях): 10—15 г алюмінію в порошок, 85—90 г крейди, 10 см³ рідкого натрію (в 10% розчині). Суміш замішується на рідкому склі в кількості 40 см³ (рідке скло 28° за Боме) і стільки ж води. Товщина обмазки—0,5—1 мм.

Для підсилення зварного сполучення часто ставлять підсилювальні стрижні або анкери. Такі анкери сприймають на себе згинаючі зусилля, тим самим розвантажуючи від них натоплення. Анкери являють собою сталні стрижні, найчастіше круглого перерізу, бо в цьому випадку їх легко проварити. Анкери розміщають поперек натоплення або ж заварюють всередині шва; в останньому випадку для них доводиться вирубати гніздо в основному металі такого розміру, щоб анкери легко можна було обварити кругом.

Спосіб холодного зварювання чавуну зручний тим, що в більшості випадків непотрібно знімати деталь, що обов'язково при гарячому зварюванні. Проте там, де ставляться особливі вимоги до щільності шва, цей спосіб застосовувати не можна.

При заварюванні тріщин у чавунних деталях, в яких шво має бути оброблене з однієї сторони різцем (циліндри і ін.), застосовується спосіб, при якому між нижніми кромками V-подібного шва заганяється мідна полоса, яка уберігає від пропалювання деталі всередину і після зварювання легко обробляється при розточуванні циліндра.

З успіхом використовуються для зварювання чавуну електроди із стопу кольорових металів, які дають легко оброблювану поверхню і достатню стоплюваність з чавуном. З огляду на низьку температуру топлення таких стопів чавунна деталь нагрівається слабше, ніж при зварюванні залізними електродами, а тому тут менше шансів на появу внутрішніх напруг.

Один з таких стопів складається з 67% нікелю, 28% міді і 5% інших домішок.

Останнім часом провадяться досліді з одержанням у натопленні чавуну залізними електродами із спеціальною обмазкою. В обмазці міститься примірно 40% феросиліцію, 40% графіту і 20% крейди. Графіт з обмазки при топленні електрода навууглецьовує залізо настільки, що воно переходить в чавун; феросиліцій потрібний для одержання у витопі відповідного процента силіцію і для одержання сірого чавуну. Крейда, утворюючи шлаки, затримує швидке охолодження металу, тим самим сприяючи переходові вуглецю і силіцію в натоплення, а також стабілізує дугу.

Кращі результати дістають, коли чавунну деталь підігріти до 300—400°, особливо, якщо деталь великих розмірів, бо в цьому випадку шво не так швидко охолоджується і чавун не відбілюється.

Дуже часто доводиться зварювати раковини і пори в чавунних виливках. В цих випадках раковину треба вирубати так, щоб вона була добре приступна для електрода. Раковина має бути очищена від бруду, масла і ін. Якщо заварка буде оброблятися, то зовнішній шар наварюють спеціальними електродами з вмістом нікелю і міді.

Питання про холодне зварювання чавуну чавунними електродами розв'язується використанням спеціальних обмазок, які створюють умови повільного охолодження крапель, що стікають з електрода на холодний основний метал.

Для такої обмазки доц. Ярхо (зварювальна лабораторія КрМММІ ім. Баумана) запропонував такий склад:

Назва компонентів	Вміст в процентах	Склад компонентів
Графіт	16,7	—
Феросиліцій	14	Si—42,28%, Fe—55,4%
Феромарганець	4	Mn—78—80%
Польовий шпат	16,7	Al ₂ O ₃ —25,5%, SiO ₂ —65,55%
Крейда	8,3	—
Терміт	14	Al—20 22%, Fe ₃ O ₄ —80—78%
Рідке скло	22,34	Na ₂ O—15,78%, SiO ₂ —36,97%
Нікель-сульфат	3,96	—

Примітка. Води 20% від ваги сухої маси.

Вказані компоненти розмелюють, просівають крізь дрібне сито, і старанно перемішують.

Товщина шару обмазки при електродах діаметром 6 мм—не більше 1,5 мм на сторону, а при діаметрі 8 мм—не більше 2 мм. Обмазку наносять в два шари. Перед нанесенням другого шару треба дати просохнути першому шарові. Сушать на повітрі. Після нанесення другого шару електроди сушать на повітрі протягом 1—2 год. і після цього прожарюють при температурі 150° протягом 1 год.

Другий склад обмазки, запропонований доц. Ярхо, такий: 18% графіту, 15% феросиліцію, 4% феромарганцю, 18% польового шпату, 9% крейди, 15% терміту, 21% рідкого скла, води—18% від ваги сухої маси. Друга обмазка дає трохи знижені дані щодо опору згинанню.

Зварювання можна виконувати як на постійному, так і на змінному струмі. Сила струму при діаметрі 6 мм—240—250 а, при діаметрі 8 мм—350—400 а. Електроди використовують такого хімічного складу: 2,8—3% вуглецю, 3,9—4,2% силіцію, 0,6—0,7% марганцю, 0,02% сірки і 0,1% фосфору.

Інж. М. М. Бетерев (завод „Компресор“) дає для холодного зварювання чавуну чавунними електродами такий рецепт:

силіцій-карбіду—40%, графіту—22%, стронцій-карбонату—25%, алюмінієвої пудри—10%, нікель-карбонату—3%.

Для одержання добрих результатів велике значення має спосіб ведення самого процесу зварювання.

З досвіду Ворошиловградського паровозобудівельного заводу ім. Жовтневої революції, де заварювали холодним способом чавунними електродами чавунні виливниці і піддони, процес треба вести таким порядком.

Дугу запалюють вертикальним поступним рухом електрода до деталі і швидким відривом на віддаль 5—6 мм.

В процесі зварювання підтримують дугу довжиною 3—4 мм. При обриві дуги ванну очищають від оксидів і шлаку і потім знову наповнюють. Місце, яке треба заварювати, вирубують і старанно зачищають, а потім заформовують (глиною, формувальною землею або піском з рідким склом). Натоплений метал обробляють карборундовими кругами.

§ 59. Зварювання ковкого чавуну

Вироби з ковкого чавуну використовують переважно в авто-тракторній промисловості. Крім цього, ковкий чавун застосовується в сільськогосподарському машинобудуванні, а також в залізничному і водному транспорті.

Ковкий чавун, як відомо, дістають томлінням чавуну в печах. Як вихідний матеріал беруть білий чавун.

Брак у виробах з ковкого чавуну найчастіше зустрічається у вигляді тріщин і раковин. Причини утворення тріщин різні. Дуже часто тріщини появляються у виливку в наслідок великої усадки. Іноді тріщини утворюються в холодному виливку в наслідок зниженого вмісту марганцю або високого вмісту фосфору. Такі тріщини на зламі мають чистий кристалічний вигляд, тоді як тріщини, що з'явилися при гарячому стані виливка, дуже окисдовані і зовні мають чорний колір.

Американський ковкий чавун (чорноосердний) піддається заварюванню значно гірше, ніж європейський (білозернистий) ковкий чавун. Пояснюється це, очевидно, тим, що в чорноосердному ковкому чавуні весь вуглець виділений у вигляді пластівців вуглецю відпалу, тісно розміщених по всьому перерізу. При зварюванні вуглець відпалу частково вигорає і, перетворюючись в газ, весь не встигає виділитися, що створює пористе шво. Вуглець відпалу, який не вигорів, змінює свою форму, розчиняється в шві у вигляді твердого залізо-карбід Fe_3C . Це робить шво крихким.

В європейському ковкому чавуні пластівці вуглецю відпалу розташовані значно рідше, ніж в американському чавуні. Значна кількість вуглецю знаходиться в зв'язаному стані і значне зне-вуглецювання поверхневого шару наближає до якоїсь міри білозернистий ковкий чавун з погляду зварюваності до сталю-ного литва.

Найкращим способом виправлення браку виробів з ковкого чавуну є заварювання вихідного білого чавуну до його томлення в печі. В цьому випадку заварюють з попереднім підігріванням, при чому як присадковий матеріал беруть прутки з білого чавуну. Застосовують спосіб Славянова, а також і Бенардоса. Відмінно від гарячого зварювання сірого чавуну тут після заварювання добиваються того, щоб мати відбілений чавун.

При зварюванні сірого чавуну дуже важко добитися повної відсутності зв'язаного вуглецю, а при зварюванні білого чавуну важко добитися повної відсутності графітизації. Основна трудність полягає в тому, що при дуже швидкому охолодженні деталі, потрібному для того, щоб запобігти випаданню графіту, можливе утворення тріщин.

Не завжди брак білозернистого ковкого чавуну виявляється до томлення. Дефекти литва після томлення можна заварювати холодним способом.

В цьому випадку користуються сталевими електродами марки I або II, а також електродами з монель-металу. В тих місцях, де вимагається дальша механічна обробка, перевагу треба віддати монель-металу, який добре піддається обробці.

Електроди з монель-металу відпалюють при температурі 750° з витриманням 45 хвилин і з дальшим охолодженням на повітрі (діаметр електродів—5 мм). Після відпалювання електроди очищають від окисованого шару і покривають обмазкою такого складу: крейди—58%, стронцій-карбонату—30%, крокусу—12%.

Як зв'язуючу речовину беруть рідке скло пополам з водою. Товщина шару обмазки—0,3 мм на сторону.

Зварювання виконують на постійному струмі з оберненою полярністю. Сила струму при електроді діаметром 5 мм—150 а.

РОЗДІЛ XI

ЗВАРЮВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ, СПЕЦІАЛЬНИХ СТАЛЕЙ І ТВЕРДИХ СТОПІВ

§ 60. Загальні відомості про зварювання кольорових металів

Зварювання кольорових металів має незначне застосування, що пояснюється особливими властивостями цих металів, які значно легше піддаються киснево-ацетиленовому зварюванню. Основні властивості, що утруднюють зварювання цих металів, це—велика теплопровідність і здатність окисуватися при високих температурах. Проте в тих випадках, коли чомусь зручніше застосовувати електричне зварювання (відсутність кисню, карбідів і т. д.), можна при додержанні певних правил і достатніх навичках у зварювальника добитися задовільних результатів і при цьому способі зварювання.

Зварювання зручніше вести способом Бенардоса, бо при металічній дузі утворюється дуже неспокійна дуга, при якій важко добитися задовільних результатів.

§ 61. Зварювання міді та її сплавів

При зварюванні червоної міді зустрічаються великі утруднення з усуненням оксидації міді і з нагрівом міді до зварювальної температури в наслідок її великої теплопровідності.

При зварюванні листів застосовують тільки стикове сполучення, а метал товстіше 6 мм зварюють з підготуванням кромок під кутом 90°.

Зварювання провадять методом Бенардоса при прямій полярності. Шво заповнюють за один прохід: зварювання ведуть якомога швидше. Дуже корисно проковувати шво в гарячому стані.

Процес зварювання проходить успішніше, якщо виріб попередньо нагріти. При зварюванні методом Славянова виходить дуже пористе шво. Як електроди або присадковий матеріал використовують чисту електролітичну мідь або мідь з незначною домішкою фосфору і срібла (до 1%). Рекомендується також використовувати буру як флюс.

Зварювати можна тільки нижнім швом. Силу струму орієнтовно можна вибрати по табл. 20.

Таблиця 20

Товщина листів мм	Діаметр графітових або вуглецевих електродів мм	Сила струму а
2—4	8	120
4—7	8	160
7—10	10	230
10—11	15	290
15—20	15	370

Бронзу і латунь зварюють так само, як і мідь. Як присадковий матеріал беруть прутки такого самого складу, що і зварюваний матеріал.

Бронзові підшипники, поршневі дишла, букси і т. д. зварюють стопом такого складу: арматурної міді—50%, червоної міді—45%, олова—3% і цинку—2%. Бронзові підшипники наварюють (при ремонті рухомого складу в залізничному транспорті) металічною дугою на постійному струмі зворотною полярністю. Електроди рекомендується брати з обмазкою з перетопленої бури, крейди і рідкого скла. Підшипник попередньо нагрівають на горні. Щоб нагрітий метал не розтікався (процес подібний до гарячого зварювання чавуну), місце наварювання заформовують.

При зварюванні латуні зварювальники повинні працювати в респіраторі, бо пара цинк-оксиду, яка виділяється, дуже шкідлива для здоров'я.

§ 62. Зварювання алюмінію

Алюміній при розтопленні утворює оксид, який топиться при значно вищій температурі, ніж чистий алюміній. Темпера-

тура топлення алюмінію 657°, а температура топлення оксиду 2050°. Оксиди алюмінію при зварюванні обгортають частинки металу і перешкоджають його стопленню. Тому при зварюванні алюмінію потрібні зруйнування оксидів і запобіжні заходи проти їх утворення. Для цього при зварюванні алюмінію користуються флюсом з хлористих і флуористих сполук.

Цей флюс наносять у вигляді обмазки на електрод (при способі Славянова) або у вигляді порошку додають час від часу у ванну. Склад флюсу такий: калій-хлорид—45⁰/₀, літій-хлорид—15⁰/₀, натрій-хлорид—30⁰/₀, калій-флуорид—7⁰/₀, натрій-сульфат—3⁰/₀.

Флюси Ленінградського інституту металів: натрій-хлорид—8⁰/₀, калій-хлорид—65⁰/₀, літій-хлорид—27⁰/₀.

Після зварювання рештки флюсу треба зняти із шва і сусідніх місць промиванням і механічним очищенням, бо флюс роз'їдає метал шва.

Зварювати краще вугільним електродом. Литі вироби попередньо підігривають. Щоб не перепалити деталі при нагріванні, ступінь нагріву можна контролювати, посипаючи на деталь деревну тирсу. Коли деревна тирса починає тліти, значить, нагрів деталі достатній, і можна приступати до зварювання.

При зварюванні вугільним електродом сила струму може коливатися в широких межах, не впливаючи на міцність шва, а позначаючись тільки на швидкості зварювання (табл. 21).

Таблиця 21

Товщина листів мм	Діаметр графітового електрода мм	Сила струму а
2—4	8	120—200
4—7	10	200—280
7—10	15	280—370
10—15	15	370—500

§ 63. Зварювання спеціальних сталей

Спеціальними сталями називаються такі, в які, крім вуглецю, марганцю, силіцію, сірки і фосфору (що є у вуглецевих сталях), входять ще спеціальні елементи, як хром, нікель і ін., які надають сталям особливих властивостей, наприклад стійкості проти високих температур і ін. До спеціальних належать також сталі, що мають окремі елементи (марганець, силіцій) у підвищених пропорціях.

Не всі спеціальні сталі ведуть себе однаково при зварюванні.

Є сталі, які цілком задовільно піддаються електродуговому зварюванню, інші ж погано зварюються. До останньої групи належить хромиста сталь. В цій сталі міститься 12—14⁰/₀ хрому. Трудність зварювання цієї сталі полягає в тому, що вона на-

лежить до тих, які самі загартовуються, тому шво і сусідні місця, охолоджуючись на повітрі, стають дуже твердими і крихкими. Щоб шво і сусідні зони набули нормальної твердості, треба вдаватися до відпалювання.

Крім того, твердість, яку набуває хромиста сталь при зварюванні, в наслідок того, що вона сама загартовується, викликає внутрішні напруги, що зумовлюють появу тріщин. Хромиста сталь, крім того, має малу теплопровідність, яка втрое менша, ніж у звичайної сталі.

Хром дуже інтенсивно вступає в сполучення з киснем, несприятливо впливаючи на якість натопу. Для зменшення цього явища потрібна обмазка. Обмазка повинна давати рідкий шлак, що покриває нагочений метал і розчиняє в собі оксиди, які утворюються. Як елементи для складу обмазки рекомендуються плавиковий шпат, залізо-оксид і марганець-оксид.

Слід також відзначити великий електричний опір хромистих електродів, що зумовлює їх швидке нагрівання, і тому що в наслідок цього процес топлення електрода відбувається швидко, то основний метал не встигає прогріватися, і протоплення виходить недостатнім.

Сталі, в яких, крім хрому, міститься близько 7—10% нікелю, набувають сприятливіших властивостей щодо зварюваності, даючи шво достатньої в'язкості. В наслідок малої теплопровідності при зварюванні хромонікельових сталей використовують трохи знижену силу струму. В табл. 22 дається режим зварювання хромонікельових сталей.

Таблиця 22

Товщина матеріалу мм	Діаметр електрода мм	Сила струму а
4—5	3	90—100
6—8	4	120—150
10—12	5	160—180
14—16	6	225—250

Як електроди звичайно використовують метал однакового хімічного складу із зварюваним металом, наприклад такого складу: 0,07—0,16% вуглецю, 17—18% хрому, 8—9% нікелю, не більше 0,05% сірки і фосфору.

Як і при зварюванні чистохромистих сталей, при зварюванні хромонікельових сталей треба використовувати обмазку. Склад обмазок буває різний. Ось примірний склад обмазок. Перша обмазка: калій-хромат—4%, плавиковий шпат—80%, феромарганець—16%; друга обмазка: мармур товчений—55%, плавиковий шпат—30%, феромарганець—15%. Другу суміш розчиняють в 60 ч. лугу, 10 ч. води і 30 ч. рідкого скла.

При зварюванні на постійному струмі хромонікельові сталі краще варити при оберненій полярності.

В ЦНДІМАШ розроблена обмазка для зварювання хромонікельової сталі типу ЭЯ-1-Ті (18% хрому і 8% нікелю).

Склад обмазки такий: плавиковий шпат — 42%, феромарганець — 8% (Мп — 76 — 82%), крейда — 37%, рідке скло (не розбавлене) — 12%. Рідке скло розбавляється на 50% водою.

Всі компоненти, які входять до складу цієї обмазки, треба просіяти крізь сито, що має 4900 отворів на 1 см². Товщина покриття повинна становити при електродах діаметром 3 мм — 0,5 мм на сторону. Як електрод береться дріт того самого хімічного складу, що і зварювана сталь. Режим зварювання вказаний в табл. 22.

За даними ЦНДІМАШ електроди з цією обмазкою дають такі механічні якості шва: тимчасовий опір нагрітого металу — 56—60 кг/мм², відносне здовження — 44—48%, ударна в'язкість — 12—14 кгм/см².

З марганцьовистими сталями зварнику доводиться мати справу головним чином при нагріванні залізничних хрестовин, ковшів, землечерпалок і інших поверхонь, до яких ставляться вимоги високої твердості і в'язкості.

Склад такої сталі слідує: 1,1—1,35% вуглецю, 11—14% марганцю, 0,017—0,04% фосфору, 0,007—0,07% сірки, 0,10—0,20% силіцію.

Марганцьовисті сталі зварюють електродами, виготовленими з тієї ж самої марганцьовистої сталі.

Щоб мати задовільні результати, треба додержувати таких основних правил:

1. Електроди використовувати обмазані.
2. Зварювати краще на постійному струмі при оберненій полярності; помічено, що при плюсі на електроді зменшується вигорання марганцю і вуглецю.
3. Зварювання слід вести способом накладання уширених валиків; в цьому випадку створюються кращі умови для виходу виділених в шві газів, бо зовнішня поверхня шва довше залишається в розтопленому стані.
4. Корисно шво проковувати, усуваючи віддими і пори, що залишилися після виділення газів; проковувати треба безпосередньо після нагрівання коротких ділянок.
5. Після нагрівання кожного електрода шво замочують водою; робиться це для того, щоб мати тверду і в'язку структуру марганцьовистої сталі, бо при нормальному охолодженні марганцьовиста сталь стає крихка і викришується; після замочування місце, де треба збуджувати дугу, осушують або витирають насухо шматком кляччя.

§ 64. Зварювання швидкорізальної сталі

Швидкорізальна сталь використовується переважно в інструментальній справі. Для економії і здешевлення різців пластинки з швидкорізальної сталі приварюють до державки із

звичайної виробної сталі. Найзручнішим способом для цієї операції є метод електричного зварювання опором. До дугового зварювання вдаються рідше, і дає воно гірші результати. Як електроди в цьому випадку використовують дріт із звичайної маловуглецевої сталі.

Нижче ми наводимо склади марок швидкорізальної сталі заводу „Електросталь“.

Марки сталі	C	Si	Mn	S	P	W	Cr	Ni	Va	Co	Mo
ЭРК5	0,65—	н. б.	н. б.	н. б.	н. б.	17,0—	3,6—	н. б.	1,0—	4,0—	0,3
	0,77	0,4	0,4	0,03	0,03	18,5	4,5	0,2	1,4	5,5	0,6
ЭРФ2	0,71—	н. б.	н. б.	н. б.	н. б.	11,8—	4,1—	н. б.	2,3—	—	—
	0,77	0,4	0,4	0,02	0,03	12,8	4,6	0,2	2,6	—	—
ЭРФ1	0,68—	н. б.	н. б.	н. б.	н. б.	17,5—	3,8—	н. б.	1,0—	—	0,3
	0,8	0,4	0,4	0,03	0,03	19,0	4,6	0,2	1,4	—	0,3
ЭР	0,66—	н. б.	н. б.	н. б.	н. б.	17,0—	3,8—	н. б.	0,5—	—	0,3
	0,78	0,4	0,4	0,03	0,03	18,5	4,6	0,2	0,8	—	0,3

В деяких випадках замість наварювання пластинок до різців методом опору натоплюють електродами, які протягують до потрібних розмірів із старих свердел сталі марки ЭМ.

Для зручності натоплення виготовляється графітова форма, яка оточує кромки різця.

Електроди обмазують товстим шаром обмазки такого складу (у вагових одиницях): графіту в порошок—10, феромарганцю—6, бури—6, крейди—15, рідкого скла з водою—35.

Зварювання можна вести і на змінному, і на постійному струмові. Щоб натоплення було щільніше, дуга повинна бути дуже короткою.

§ 65. Зварювання твердих і надтвердих стопів

Тверді стопи можна поділити на три групи: 1) литі тверді—стеліт, сормайт, „смена“ і ін., 2) спечено-стоплені—відіа, карболой, победіт і ін., 3) порошкоподібні тверді—блекор, „догнать“, сталініт.

В стопах першої групи в основному містяться вольфрам, кобальт і хром. „Смена“ являє собою стоп вуглецю, хрому, нікелю і вольфраму. Ці стопи мають твердість близько 600—650 за Брінеллем; вона зберігається при нагріві до 800°.

Стопи цього типу використовують для натоплення металу на частини, що труться і стираються—матриці, шнеки, шестерні, свердловий інструмент, зуби врубових машин і ін.

При натоплюванні стеліту на поверхні зварювальник натрапляє на такі труднощі: на поверхні стеліту утворюються бульбашки і під ним виявляються тріщини, що викликаються неоднаковим охолодженням металу. Щоб запобігти появі бульбашок, стеліт треба натоплювати на абсолютно чисту поверхню. Для уникнення тріщин перед натопленням корисно трохи прогріти основний

метал. Натоплення виконують стелітовими електродами діаметром не товстіше 6—7 мм на постійному струмі при оберненій полярності. Сила струму трохи нижча, ніж при зварюванні мало-вуглецевої сталі. Для діаметра електрода в 6 мм сила струму 200—220 а.

Хімічний склад цих стопів примірно такий¹: кобальт—30—75%; хром 15—35%; вольфрам 5—25%; залізо 3—13%; вуглець 0,5—2%.

При температурі 1300° стоп розм'ягшується, але при охолодженні він знову набуває початкової твердості.

Пластинки твердих спечених стопів або припаюють або приварюють до державок різців, в яких площадка під пластинку повинна бути підготовлена під відповідним кутом.

Приварюють вугільною дугою (спосіб Бенардоса). Як присадковий метал беруть мідь або латунь. Залізо тут не можна взяти як присадку, бо температури топлення заліза і кобальту майже збігаються, що може повести до відшаровування стопу. Кращі результати дає приварювання бронзою або латунню киснево-водневим зварюванням.

Порошкоподібні тверді стопи являють собою суміш порошкоподібних металічних елементів, які під впливом тепла вольтової дуги утворюють стопи високої твердості.

Американський порошкоподібний твердий стоп блекор виготовляється з порошкоподібного металічного вольфраму, дрібно потовченого беззолного коксу і кварцевого піску.

Склад блекору такий: 86—87% вольфраму, 9—10% вуглецю, 3—3,2% кремнезему, 0,5—0,6% заліза.

В нашому стопі „догнать“ чистий вольфрам замінено феро-вольфрамом. Вартість цього стопу значно нижча від блекору.

Другий стоп, виготовлюваний у нас в Союзі, називається сталінітом. В цьому стопі дорогий вольфрам замінено хромом, марганцем і великою кількістю заліза. Сталініт має такий хімічний склад: 55—56% заліза, 11—12% хрому, 16—17% марганцю, 1,8%—2% силіцію, 12—13% вуглецю.

Порошкоподібні тверді стопи мають високу твердість.

Для одержання доброго натоплення, що усуває можливість викришування твердих стопів, треба додержувати таких умов:

1. Наварювана поверхня повинна бути чиста від усяких сторонніх включень.

2. Порошок стопу має бути рівномірно розміщений по натоплюваній поверхні (товщина насипаного шару 3—4 мм).

3. Силу струму треба добирати з таким розрахунком, щоб твердий стоп проникав у наварювану поверхню не глибше 1,5 мм (примірно 100—200 а при напрузі 30—45 в); при надмірній силі струму у випадку затримання дуги у якомуньбудь місці утворюватимуться місцеві пропали, які спричинятимуть викришування твердого стопу.

¹ Шварцман. Конструкционные и инструментальные стали заводов СССР, 1935 г.

4. Дуга повинна бути по можливості коротша, щоб уникнути окисдації ступу і проникнення в нього газів.

5. Перерви в дузі мають бути мінімальні.

6. Уникати різких коливань між нагрівом натоплення і охолодженням наварюваної деталі.

7. Наварювання вести постійним струмом (при нормальній полярності вугільної дуги), що дає стійкішу дугу.

РОЗДІЛ XII

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗВАРЮВАННЯ

§ 66. Дефекти зварювання

Контроль якості зварювання має на меті виявити дефекти в шві, які порушують умови міцності і щільності конструкції, і вжити заходів до усунення цих дефектів.

Дефекти зварного шва можуть бути зовнішні і внутрішні. До зовнішніх дефектів належать: а) нерівномірність ширини і товщини шва, б) невідповідність шва потрібним розмірам, в) незатоплені кратери на поверхні шва, г) подрізи, д) нечиста поверхня шва з рештками шлаку, е) пористість зовнішнього шару шва, є) зовнішні тріщини в шві і поряд з ним.

До внутрішніх дефектів належать: а) непровар, б) внутрішня пористість натопленого металу, в) внутрішні тріщини в шві і основному металі, г) нестоплення шарів при многошаровому зварюванні, д) включення шлаків і оксидів.

Зовнішні дефекти шва можна легко виявити досвідченим оком при уважному огляді швів.

Щодо внутрішніх дефектів, які найбільш небезпечні для міцності зварного виробу, то сучасна техніка застосовує деякі способи контролю швів і продовжує працювати над вишукуванням більш досконалих простих, швидких і надійних способів контролю зварних швів, які дозволяють у виробничих умовах виявляти внутрішній брак.

До числа найбільш небезпечних внутрішніх дефектів шва належить непровар, тобто місцева відсутність стоплення між натопленим і основним металом. За зовнішнім виглядом непровар не можна визначити з достатньою певністю, і тільки на зламі шва непроварені місця ясно виділяються темними ділянками на фоні світлих ділянок—кристалічного зламу натопленого металу. Найявність непровару обумовлює різке зниження міцності і робить конструкцію ненадійною.

Причини непровару можуть бути такі:

1. Мала сила струму для даного сорту електродів.

2. Надто швидке пересування кінця електрода, в наслідок чого кромки основного металу не встигають розтопитися.

3. Неправильна підготовка кромки і складання стику (надто малий кут скосу і малий зазор).

4. Відхилення дуги під впливом магнітних полів; в цьому випадку основа дугового потоку і рідка хвиля металу не збігаються з напрямом стікаючого з електрода рідкого металу, який лягає на недостатньо розтоплене місце.

5. Незадовільне зачищення шва перед зварюванням від шлаків після газового різання, бруду, іржі, окалини і т. д.

Пористість натопленого металу є дефект, який особливо не можна допускати в тих конструкціях, де від шва вимагається безумовна щільність (посудини під тиском, ємності для рідин).

Пористість у швах появляється від того, що гази, розчинені в рідкому металі, не встигають вийти з нього в атмосферу через охолодження поверхні металу і залишаються всередині у вигляді пuzирків, утворюючи пори. Боротися з пористістю можна, використовуючи для зварювання товсті обмазки. Пори за їх розміром можна помітити неозброєним оком або в лупу; бувають пори і мікроскопічні, які можна відрізнити тільки при розгляді шліфа шва під мікроскопом. Розміри видимих пор коливаються від кількох десятих часток міліметра до 1,5—2 мм, здебільшого вони мають сферичну форму; пори у шві зустрічаються у вигляді груп, що надають шву губчастого вигляду, або як поодинокі пuzири. Групове розміщення пор робить шво нещільним, проникним для рідин і газів і зменшує механічну міцність його.

Тріщини в шві утворюються в наслідок дії внутрішніх термічних напруг, які виникають при нерівномірному нагріві і охолодженні виробу при зварюванні.

Величина внутрішніх напруг може досягати таких розмірів, що перевищать межу текучості металу і при малій його пластичності, властивій натопленому, великими і тонкообмазаними електродами металу, викличе появу тріщин. Найнебезпечнішою температурою з погляду утворення тріщин при охолодженні є температура нижче 500—600°, бо пластичні властивості натопленого металу при цих температурах дуже невисокі.

Тріщини в швах спостерігаються найчастіше при стиковому сполученні і бувають поздовжні і поперечні. Крім видимих тріщин, зустрічаються так звані волосяні тріщини, невидимі зовні і тому особливо небезпечні. Волосяні тріщини появляються здебільшого на межі стоплення основного і натопленого металів. Поява їх викликається наявністю внутрішнього дефекту у вигляді несправу, великих газових пор або шлакових включень; в цих місцях зосереджуються внутрішні термічні напруги, які і спричиняють появу волосяних тріщин. Волосяні внутрішні тріщини, як і несправу, різко зменшують міцність зварного шва.

§ 67. Способи контролю швів

Способи контролю зварних швів і виробів дуже різноманітні, і вибір того або іншого способу визначається характером і видом конструкції, ступенем її відповідальності і наявністю контрольно-випробувальних засобів на підприємстві.

Способи контролю існують такі:

1. Зовнішній огляд—для виявлення тих дефектів, які можна побачити тільки при огляді і обмірах.
2. Випробування щільності шва.
3. Випробування механічної міцності швів і сполучень; це випробування в свою чергу поділяється на два види: а) випробування цілих виробів, б) випробування зразків, вирізаних з виробу або спеціально приготовлених.
4. Визначення внутрішніх дефектів шва.
5. Контроль над технологічним процесом складання і зварювання, щоб запобігти причинам утворення браку швів.

Розглянемо ці способи контролю швів.

§ 68. Зовнішній огляд

Перед тим як приступити до визначення якості шва тими або іншими способами, роблять зовнішній огляд всіх швів. Перед зовнішнім оглядом поверхню шва треба старанно очистити сталюю щіткою і зубилом від бризок, наліту, окалини і шлаку від обмазок—до металічного блиску.

Насамперед провадиться огляд зовнішнього вигляду шва. При цьому треба звертати увагу на рівномірність складок (луски) шва, які утворюються при ритмічному рухові кінця електродів при накладанні шва. Нерівномірність складок, різна ширина і товщина шва вказують на часті обриви дуги і коливання її потужності, що веде до непроварів і нещільності шва. Вже неpravильний, негарний зовнішній вигляд шва примушує взяти його під сумнів і старанно перевірити його якість тим або іншим способом.

Далі звертають увагу на наявність подрізів вздовж краю шва і напливів металів на одну сторону (у кутового шва). Подрізи, які утворюються при застосуванні надто великої сили струму, вказують на можливість перегріву металу, на що також вказує і його ніздрюватість і темний колір. Напливи вказують на неправильно вибраний режим зварювання і примушують заідозрити наявність непровару по одній кромці (на тій, на яку метал наплив).

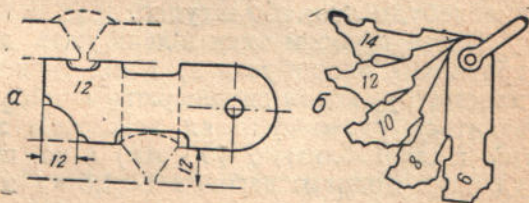
При розгляді шва в лупу можна помітити наявність волосяних тріщин, які виходять на поверхню шва і являють значну небезпеку в розумінні зниження міцності.

Огляд кратерів також дає можливість досвідченому контролерові судити про вибраний режим зварювання. Надто глибокий, ніздрюватий кратер вказує на надмірно підвищену силу струму і можливість перегріву; надто мілкий кратер вказує на малу силу струму і на можливість непровару. Кратер має бути виведений із шва на основний метал і заварений так, щоб не було заглиблення.

Нарешті, останньою операцією при зовнішньому огляді є перевірка розмірів швів, указаних на рисунку. Зварювальник

повинен мати у себе набір шаблонів, якими він перевіряє розміри наварюваного шва; такі ж шаблони є і у контролера. Шаблони являють собою металічні пластинки, що мають вирізи, які відповідають перерізові шва даного розміру і виду (фіг. 94 а). На кожному шаблоні вибита цифра, яка вказує для стикового шва товщину зварюваного металу в *мм*, а для кутового — величину катета в *мм*. Точно витримати розмір шва нелегко, тому на шаблоні є вирізи, які дають найбільшу і найменшу допустимі межі для даного розміру шва. Набір таких шаблонів для найбільш вживаних розмірів швів (наприклад від 6 до 20 *мм*) намагається на кільце або сполучається болтиком (фіг. 94 б). Відхилення від розмірів шва допускаються тільки в сторону збільшення. Розмір відхилення встановлюється відповідно до вимог, які ставляться до різних конструкцій.

На цьому закінчується приймання швів за зовнішнім оглядом. Зовнішній огляд не дає можливості остаточно судити про якість швів, проте досвідчений контролер може визначити ті можливі дефекти, які є в швах, і перевірити ці „підозрілі“ шви вже іншими способами. Для деяких виробів, наприклад для будівельних конструкцій, шви приймають головним чином за зовнішнім оглядом.



Фіг. 94. Шаблони для перевірки швів

§ 69. Випробування швів на щільність

У виробках, які призначені для зберігання рідин і газів, шви треба випробовувати на непроникність і щільність. Це випробування провадиться кількома способами.

Випробування гасом робиться здебільшого для відкритих посудин. Для цього шви з одного боку змочують гасом. Гас має здатність проходити крізь найдрібніші пори, і у випадку наявності в шві наскрізних пор або раковин гас пройде крізь них і на другому боці темною плямою покаже місце пропуску.

Для кращого виявлення місць пропуску шви із зовнішньої сторони фарбують крейдяною фарбою (крейда на рідкому клеї). Якщо через 20—30 хвилин на зафарбованих крейдю швах появляються темні масні плями, то щільність шва вважається незадовільною.

Закриті посудини випробовують стиснутим повітрям так. Зовні всі шви обмазують за допомогою щітки мильною водою. У посудину нагнітається до тиску не більше 1,5—2 *ат* за манометром стиснуте повітря, яке, проходячи крізь пористі місця шва, зовні в місці виходу утворює мильні пухирки. Ці місця треба позначити крейдю, щоб потім виправити.

Випробування посудин гідравлічним тиском дає можливість визначити не тільки міцність, але і щільність шва, бо при нещільному шві рідина (вода, гас) проходить крізь шво і виступатиме у вигляді дрібних крапель (потіння) або битиме тонким струменем крізь більші пори.

Гідравлічним тиском випробовують всі посудини і апарати, які працюють під тиском, згідно з існуючими правилами Котлонагляду.

Гідравлічне випробування зварного котла провадиться так. Закривають щільно кришками на болтах і прокладках всі люки і отвори, і за допомогою насоса по трубці, прикріпленій до корпусу котла, весь котел наповнюють водою. Для виходу повітря у верхній частині котла залишають якийсьбудь отвір незакритим. Якщо нема отвору, то його висвердлюють у шві і після випробування заварюють, або у верхню частину котла всередину вводять трубку, яка відводить повітря з котла через якийсьбудь люк або штуцер.

Потім насосом тиск підвищують до того, який вимагається правилами випробування, і під тиском, що спостерігається по манометру, котел витримують якийсь час, протягом якого провадиться уважний огляд всіх швів зовні, при чому біля швів (на віддалі близько 150 мм) і по швах обстукують легкими ударами молотка вагою в 1—1,5 кг з круглим бойком, щоб не пошкодити метал котла. Всі дефектні місця треба відзначити крейдою, після випробування вирубати і заварити знову.

§ 70. Випробування механічної міцності

Випробування механічної міцності зварних виробів можна провадити над цілим виробом або на зразках, вирізаних з даного виробу абож спеціально виготовлених.

Міцність посудини визначають гідравлічним тиском, про який сказано вище. В деяких випадках, особливо в дослідних цілях, тиск доводять до руйнуючого і з характеру розриву посудини судять про якість зварювання і про доцільність вибраної конструкції і методів розрахунку. Численні детальні випробування показують, що при доброму виконанні зварки розрив буває звичайно по основному металу далі від шва.

Будівельні конструкції випробовують, навантажуючи їх тягарями, що відповідають розрахунковим зусиллям, які діють на конструкцію, і спостерігаючи за прогиним та іншими деформаціями. При цьому визначають напруги в елементах конструкції за допомогою спеціальних приладів—тензометрів Хуггенбергера. Досліджувані конструкції навантажують після їх установаження на місце, відведене для випробування, чавунними чушками, пакетами залізних листів, рейок або підв'шуванням до них дерев'яних ящиків, які заливаються водою. За останнім способом випробовували в 1930 р. зварні кроквові ферми, зроблені Оргметалом; одна ферма була доведена до зруйнування при навантаженні, яке в 2,4 раза перевищувало розрахункове.

Міцність зварного сполучення на зразках, вирізаних з виробу або спеціально зварених в тих самих умовах, що і випробовуваний виріб, досліджують за ОСТ 7687. Випробування здебільшого провадиться для визначення: 1) тимчасового опору, 2) відносного здовження зовнішніх волокон при загині і кута загину, 3) в деяких випадках ударної в'язкості.

В окремих випадках провадяться також випробування для визначення межі втоми зварного шва. Натоплений метал випробовують на зразках, вирізаних з шва.

При цьому визначають тимчасовий опір і відносне здовження його.

Зразок вирізають так, щоб зварне шво знаходилося всередині його; підсилення шва істругують врівень з основним металом. Нормальний зразок і його розміри залежно від товщини металу показані на фіг. 95.

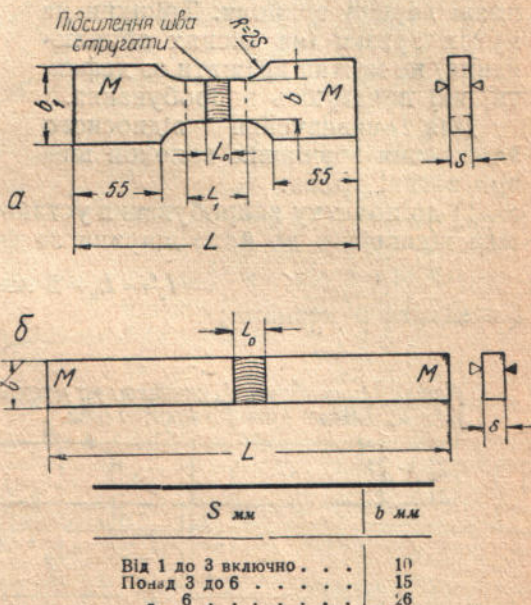
Тимчасовий опір визначається за формулою:

$$\sigma_b = \frac{P}{F_0},$$

де σ_b — тимчасовий опір в кг/см^2 , P — зовнішня зосереджена сила, яка руйнує зразок, F_0 — площа початкового поперечного перерізу в середній частині зразка.

Якщо гадають, що міцність зварного шва нижча від міцності основного металу, то допускається використання зразка за фіг. 95 б.

Випробування на розрив для визначення міцності шва виконується на спеціальній розривній машині, і за величиною визначеного тимчасового опору металу шва (якщо розрив стався по шву) судять про якість зварки. За нашими нормами вважається нормальною величина тимчасового опору для металу шва, звареного голими або тонкообмазаними електродами, в 3200 кг/см^2 , крайня допустима нижня межа для зварки — 2800 кг/см^2 . Якщо тимчасовий опір нижчий від цих норм, зварювання вважається незадовільним, а виріб бракується. Для більш відповідальних конструкцій ці норми підвищуються.



Л₀ — ширина шва; Л₁ = Л₀ + 10 мм; б₁ = б₀ + 10 мм;
 Л ≥ Л₀ + 150 мм; М — місце маркірування зразка
 Фіг. 95. Зразок для випробування на розрив

Випробування на загин роблять для того, щоб судити про в'язкість металу шва.

При випробуванні визначають кут загину (фіг. 96). Ділянку зразка l_0 (фіг. 97) визначають залежно від форми шва і товщини зразка. Випробовують під пуансоном згідно з схемою, показаною на фіг. 98. При випробуванні зразків із стиковими однобічно звареними швами пуансон повинен торкатися шва із сторони його основи.

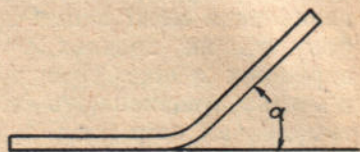
Випробування припиняють при появі першої тріщини. Тріщини на кутах зразка (на місцях обпилювання) не можна вважати за дефекти, які показують випробування.

Для визначення відносного здовження зовнішніх волокон шва при загині треба:

1) до початку випробування установити розрахункову ширину шва відповідно до його ширини за формулою:

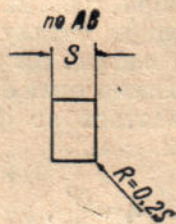
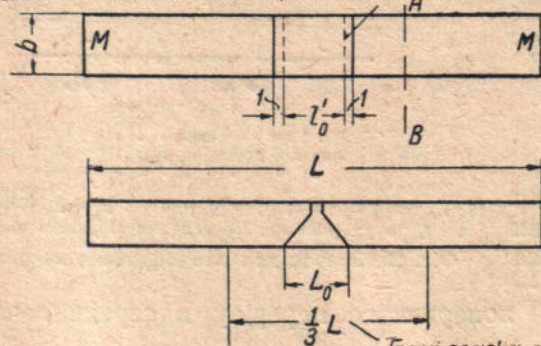
$$l'_0 = L_0 - 2 \text{ мм.}$$

і намітити її кернами;



Фіг. 96. Випробування на загин

Керни визначування L_0 ставити на матеріалі шва на віддалі 1 мм від кромки шва



Трані зразка обпилюються по $R=0,25S$

Фіг. 97. Зразок для випробування на загин

2) після випробування установлюється l_1 —довжина розтягнутого волокна між початково поставленими кернами;

3) потім визначається величина відносного здовження в процентах за формулою:

$$\delta_n = \frac{l_1 - l'_0}{l'_0} \cdot 100.$$

Флангові, лобові і Т-подібні шви випробовують на зразках, зображених на фіг. 99.

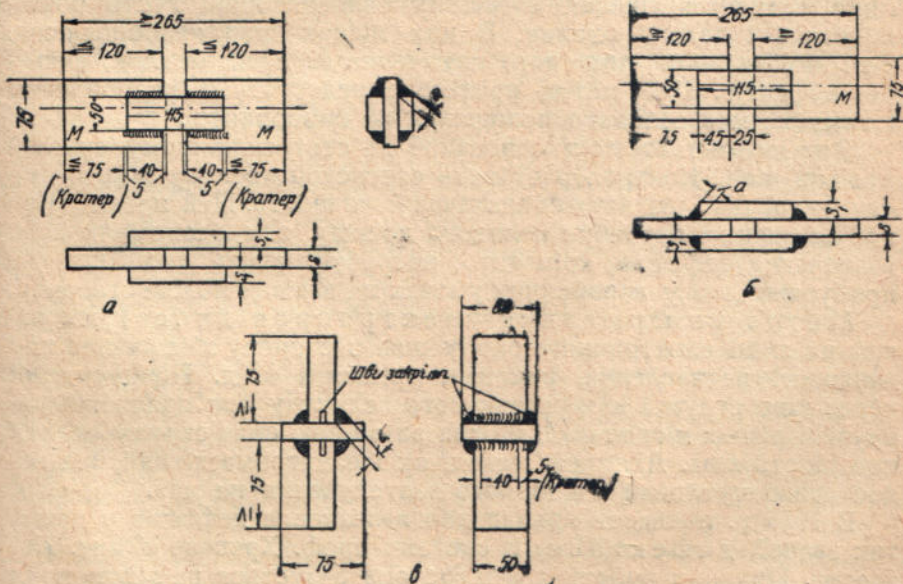
При випробуванні на розтягання і зсув визначають: а) величину зовнішньої зосередженої сили P , що руйнує зразок; б) тимчасовий опір на зсув або розтягання:

$$\sigma_1 = \frac{P}{F_0},$$

де $F_0 = a \Sigma l$ (a —товщина шва з урахуванням зусилля, l —довжина окремого шва з вирахуванням кратера і Σ —кількість швів; для флангових кількість швів 4, а для лобових і Т-подібних—2).

Товщина шва a для всіх зразків дорівнює 5 ± 1 мм. При випробуванні міцності різних варіантів конструкції сполучень товщину шва можна

прийняти іншу. Товщина основного металу зразків S і S_1 визначається з таким розрахунком, щоб міцність зразків в основному металі була більша від міцності зварних швів.



Фіг. 99. Зразки для випробування на зріз лобових, флангових і Т-подібних швів

Зразки для випробування флангових, лобових і Т-подібних швів після зварення заготовок не піддають будь якій дальшій обробці.

§ 71. Визначення внутрішніх дефектів шва

Всі описані вище найбільш поширені способи перевірки шва мають ту хибу, що не дають можливості судити про внутрішній стан шва з достатньою надійністю. В швах можуть бути непровари, шлакові включення, тріщини, раковини і інші дефекти, які не виходять назовні, а заховані всередині шва, і жодним із згаданих вище способів їх виявити не можна. При роботі зварювання виробів такі внутрішні дефекти можуть спричинити зруйнування шва і привести до катастрофи.

Сучасна зварювальна техніка для дослідження швів застосовує різні методи: електромагнітний, звуковий, вимірювання електропровідності і метод просвічування рентгенівським промінням.

Електромагнітний метод полягає в тому, що по обидві сторони шва поміщають полюси електромагніта, отже шво буде на путі магнітних силових ліній. Якщо шво щільне, воно не виявляє більшого опору, ніж основний метал. Якщо ж ми маємо недостатнє стоплення з основним металом або наявність газових пазирків, пор і інших дефектів, магнітний опір шва підвищується, і тут магнітні силові лінії згущуються. Якщо на шво покласти аркуш паперу або картону і насипати на них залізних опилок, то опилки розміщаються в напрямі магнітних силових ліній. В місці згущення магнітних силових ліній густо розміщаються і залізні опилки. В цих місцях шво недоброякісне. Там же, де немає помітного скупчення залізних опилок, шво — без дефектів. Цей метод проте ще недостатньо розроблений і тому не має великого поширення на виробництві.

Звуковий метод оснований на стетоскопічному прослуховуванні швів. Контролер ставить стетоскоп поблизу шва і, постукуючи шво, за звуком визначає його якість. Цей метод дуже суб'єктивний і потребує великого досвіду для безпомилкового визначення дефектів, крім того, потребує повної тиші при випробуванні, що у виробничих умовах не завжди можна створити.

Метод вимірювання електропровідності оснований на зміні електричного опору шва в сторону збільшення при наявності нестоплення, раковин, тріщин і т. д. Пропускаючи через шво струм і вимірюючи його величину при однаковій напрузі в різних місцях шва, можна за зміною сили струму судити про якість шва. Але цей метод, як і електромагнітний, ще недостатньо чутливий і широкого застосування не має.

В 1935 р. появилася прилад для визначення дефектів у швах, так званий дефектоскоп системи проф. Хренова і інж. Назарова. Принцип роботи дефектоскопа базується на відомому з фізики явищі відхилення магнітних силових ліній при проходженні їх у феромагнітних матеріалах з дефектами. Ці відхилення магнітного потоку утворюють в місцях розміщення дефектів місцеві потоки розсіювання, уловлювані спеціальним шукачем, який є ніби приймачем цих магнітних потоків розсіювання, що індують у шукачі електрорушійну силу.

Сила струму в шукачі залежить від величини дефекту. Струм у шукачі підсилюється за допомогою спеціального підсилювача і діє на радіотелефон з наушниками і на міліамперметр, вміщений в панель приладу. Магнітне поле навколо шва створюється переносним електромагнітом, що живиться змінним струмом 110 або 220 в. Весь прилад складається з чотирьох основних елементів: 1) шукача, яким контролер проводить по шву, 2) електромагніта, який ставиться поряд з досліджуваним швом і створює магнітне поле на довжині 200—300 мм, 3) підсилювача, змонтованого в дерев'яному ящику розміром 700×300×400 мм і який складається з випрямлювача з кенотроном ВО-116 і трансформатором ТС-14, і самого підсилювача з двох ламп СО-118, 4) радіотелефонних наушників. Прилад важить близько 10 кг.

Шви контролюють дефектоскопом так. Поблизу шва ставиться електромагніт, і контролер веде шукач по шву, слухаючи звук в телефоні. При наявності внутрішнього дефекту сила звуку різко зростає і стрілка міліамперметра відхиляється. Як показала практика роботи Коломенського заводу, дефектоскопом можна виявити в швах особливо добре тріщини і неповари; газові пухирки і шлакові вclusions добре виявляються при діаметрі їх в 3—5 мм. Проте застосування дефектоскопа обмежене тільки для стикових швів.

Найбільш ясно і наочно дефекти зварних швів виявляють при просвічуванні швів рентгенівським промінням.

Рентгенівським промінням¹ називається електромагнітне проміння, подібне до світлового проміння, але відмінне від нього певними особливими властивостями. Це проміння одержують під впливом високої напруги електричного струму, який проходить через рентгенівську трубку, що являє собою сталевий балон з викаченим повітрям і впаяними трьома металічними пластинками. Рентгенівське проміння невидиме для ока. Воно має ряд властивостей, з яких найважливішою є здатність його проходити крізь багато непрозорих для звичайного світлового проміння тіл (картон, дерево, тканини тіла, кістки, метал і т. д.), подібно до того, як світлове проміння проходить крізь скло, слюду, лід.

Якщо просвічувати рентгенівським промінням якийнебудь предмет і з задньої сторони його покласти фотопластинку, то на ній ясно відіб'ється весь предмет так, ніби він прозорий, причому густіші тіла, наприклад метал, вийдуть на фотознімку темнішими. Якщо просвічувати рентгенівським промінням зварне шво, то на знімку (рентгенограмі) будуть видні всі дефекти шва. Так в місцях пор, неповару, внутрішніх тріщин і т. д. товщина шару металу буде менша, тому ці місця дадуть на знімку позитивні світліші плями, які дозволять з великою точністю визначити місце знаходження внутрішніх дефектів шва.

¹ За ім'ям німецького фізика Рентгена, який відкрив це проміння в 1895 р.

В СРСР рентгенівський контроль швів застосовується з 1933/1934 р. у виробничій практиці ряду заводів, які випускають зварні котли і інші відповідальні вироби. Рентгенівські апарати для просвічування швів випускає Московський рентгенівський завод. Апарати ці дають на трубку до 200 000 в; при такій напрузі можливе просвічування полос сталі до 100 мм товщиною.

Для зручності роботи у виробничих умовах рентгенівські апарати монтують на візках, які пересуваються по цеху по рейках або на гумовому ході. Рентгенівська трубка поміщається на окремому штативі в свинцевому кожуху (бленді), що захищає персонал від шкідливого впливу прямого проміння. Напряга підводиться до трубки по спеціальному високовольтному кабелю.

Просвічуване шво розмічають на ділянки за розміром стандартної плівки, на якій робиться знімок довжиною близько 400 мм. Кожна така ділянка нумерується. Касета з плівкою укріплюється всередині котла за просвічуваною ділянкою шва, на яку спрямовується проміння з трубки. Експозиція триває кілька секунд залежно від товщини шва. Плівку проявляють у фотолабораторії звичайним способом. Рентгенівський контроль швів—найдосягнутіший, водночас він і найдорожчий з усіх інших способів контролю швів без зруйнування. Для цього способу потрібні дуже дорогі і складні прилади, висококваліфікований обслушний персонал, добре устаткована стаціонарна фотолабораторія і ін. Тому на заводах, де застосовують рентгенівський контроль, звичайно в контрольованих виробах просвічують не всі шви, а тільки деякі—у найвідповідальніших місцях і ті, які при зовнішньому огляді або при застосуванні інших способів контролю здалися підозрілими щодо якості.

Дуже добрі результати контролю дає спільне застосування дефектоскопа Хренова і Назарова і рентгенівського методу. Дефектоскопом перевіряють всі шви на котлі або апараті, а рентгеном просвічують тільки ті місця, які мають брак за вказівками дефектоскопа. Практика спільного застосування рентгена і дефектоскопа на Коломенському заводі скоротила витрати на контроль на 75% і втриє прискорила час проведення контролю швів.

Досить простим способом контролю швів, який дає непогані результати, є метод контролю за свердлюванням. Цей метод запропонував Шмуклер і полягає він ось в чому. Вибирають у шві найпідозріліші щодо якості місця, які фрезерують на довжині 5—6 мм спеціальним приладом. Прилад укріплюють прихватками; він має конічний фрезер з гнучким валом, який обертається від моторчика із швидкістю 750 об/хв. Фрезер вифрезерує в шві і основному металі конічну заглибину, яку оглядають крізь лупу. Потім вифрезероване місце полірують і травлять спеціальною сумішшю, в наслідок чого основний матеріал, зварне шво і зона протоплення набувають червоного забарвлення.

Всі хиби шва (непротоплені місця, раковини, пузири і т. д.) виявляються дуже виразно.

У зварювальній лабораторії ЛІМ застосовували для засвердлювання шва звичайну електричну або пневматичну дрель, при чому свердло брали з діаметром на 2—3 мм більшим від ширини навколишньої поверхні шва.

Спосіб засвердлювання має ті хиби, що, поперше, дозволяє судити про якість шва тільки в певному місці, а не по всій довжині, і, подруге, потребує заварювання засвердлених місць. А втім, заварювання не завжди обов'язкове і заглиблення можна залишити там, де воно не викликає ослаблення і не приводить до дальшого зруйнування. Спосіб засвердлювання можна рекомендувати при контролі швів зварних будівельних металоконструкцій.

§ 72. Контроль процесу складання і зварювання

Якість зварного шва залежить від таких факторів: 1) якості електродів, 2) якості зварювальних машин і приладів, 3) зварюваності основного металу, 4) якості підготовки під зварювання, 5) правильного режиму зварювання, 6) кваліфікації зварювальника. Всі ці фактори важливі для забезпечення якісного зварювання, і при недодержанні хоча б одного з них доброякісного шва не можна мати.

Для зменшення браку при зварюванні велике значення має усунення тих причин, які можуть викликати брак в процесі роботи. Для цього треба перед початком зварювальних робіт пробити слідуюче:

1. Перевірити якість електродів і відповідність їх сорту, розмірів і обмазки виконуваний роботі. Якість електродів перевіряється спочатку нагріванням пробних валиків, що вже зразу покаже контролерові зварювальні властивості електродів. При сумніві щодо якості електродів або при високих вимогах, які ставляться до виробу, електроди треба випробувати на зразках.

2. Перевіряється якість зварювальної апаратури, кабелів, електродотримачів при тих режимах зварювання, які потрібні для даної роботи. Невідповідні машини, наприклад такі, які дають недостатню силу струму або неспокійну дугу, треба замінити.

3. Перевіряється якість основного металу на зварюваність. Це особливо треба мати на увазі при ремонтному зварюванні чавуну (можливість наявності горілого чавуну) і при зварюванні деяких сортів спеціальних сталей і стопів.

4. Перевіряється якість підготовки виробу під зварювання в частині: а) правильності зазорів між кромками стиків і суміжними поверхнями,—зазори повинні відповідати установленим нормам і допускам, б) відсутності початкових напруг, створюваних примусовою пригонкою деталей (наприклад сильне стягування обичайок і ін.), в) чистоти зварюваних поверхонь і місць накладання швів і г) відповідності складених деталей до розмірів за рисунком, щоб потім після зварення не довелося виріб переробляти, що веде до погіршення його якості.

5. Перевіряється правильність вибраного зварювальником режиму зварювання даного виробу в частині: а) установленій сили струму, б) порядку накладання швів і числа шарів, в) додержання правил при процесі зварювання, які забезпечують його якість (довжина дуги, швидкість пересування електрода, чищення при многошаровому зварюванні і т. д.).

6. Перевіряється кваліфікація зварювальника, яка при ручному зварюванні має дуже великий вплив на якість зварки. Для перевірки кваліфікації зварювальників в СРСР розроблені „Правила про порядок іспитів для електро- і газозварювальників для допущення їх до самостійних робіт“, установлені обов'язковою постановою НКП СРСР від 19 вересня 1932 р. за № 174. Під відповідальними роботами в цих „Правилах“ розуміється: а) будівництва і ремонт парових котлів, посудин, апаратів і трубопроводів, які працюють під тиском; б) зварювання і ремонт конструкцій та споруд, які зазнають динамічних навантажень.

До іспитів допускаються зварювальники, які пропрацювали по зварюванню на виробництві не менше одного року. Іспити полягають у зварюванні пробних зразків, які випробовуються на розрив, загин, щільність, і у перевірці теоретичних знань.

Застосування профілактики при зварюванні, тобто запобігання бракові в процесі роботи додержанням вказаних умов, дуже полегшує дальший контроль та випробування зварних виробів і збільшує їх надійність і якість.

РОЗДІЛ XIII

ЗВАРЮВАЛЬНІ ЦЕХИ

§ 73. Типи зварювальних цехів

Зварювальним називається цех, у якому зварювальні роботи провадяться як основний технологічний процес при виготовленні продукції, яку випускає даний завод або підприємство. Якщо вироби перед зварюванням складають в одному цеху із зварюванням, це буде складально-зварювальний цех. В більшості наших підприємств зварювальні роботи виконують в одному приміщенні або на тій самій території, де і складання.

За будовою устаткування і технологічним процесом зварювальні цехи поділяють на кілька типів, залежно від характеру і призначення продукції, яку виробляють ці цехи.

Основні типи зварювальних цехів можуть бути такі: 1) зварювальні цехи заводів, які виготовляють металічні конструкції і мости, 2) зварювальні цехи котлобудівельних заводів і заводів хімічної апаратури, 3) зварювальні цехи суднобудівельних заводів, 4) зварювальні цехи машинобудівельних заводів, 5) зварювальні цехи авто- і авіазаводів, 6) ремонтні зварювальні цехи.

Кожному з цих основних типів властиві деякі специфічні особливості з погляду розміщення і організації робочих місць

для складання і зварювання, розстановлення і типу зварювального устаткування, постачання струму робочим місцям, підйомально-транспортних засобів, допоміжних пристроїв, контрольно-випробувальних установок і заходів по охороні праці і техніці безпеки.

В дальшому викладі ми докладніше спинимося на тих вимогах, яким повинні відповідати добре організовані зварювальні цехи, зараз же коротко розглянемо характерні особливості зварювальних цехів різних типів.

1. Зварювальні цехи заводів металічних конструкцій і мостів. Основною особливістю цих цехів є наявність великих площ для складання і зварювання конструкцій, які зачасто мають великі розміри і вагу. Ці площі повинні бути устатковані транспортними і підйомальними установками (мостовими кранами, котучими кранами або стаціонарними кранами) для приставляння елементів із заготівельного цеху на складання, перевертання виробів при зварюванні і прибирання готової продукції на склад. Вироби виготовляються майже виключно електродуговим зварюванням методом Славянова. Зварювальне устаткування (машини, автомати) розміщають здебільшого групами з таким розрахунком, щоб можна було зручніше обслужити зварювальним струмом великі площі.

2. Зварювальні цехи котлобудівельних заводів і хімічної апаратури відмінні тим, що повинні, крім відповідних щодо площі робочих місць і підйомально-транспортного устаткування, мати спеціальні випробувальні стенди, де котли і апарати піддають гідравлічному випробуванню і рентгенівському контролю. Крім того, при виготовленні цехом апаратів, які потребують відпалу, ці цехи повинні мати спеціальні відпалювальні печі таких розмірів, які дозволяють відпалювати цілком у печі найбільший щодо габаритних розмірів виготовлюваний цехом апарат. Добре устатковані механічні і металографічні лабораторії для цих цехів, зважаючи на велику відповідальність продукції,—необхідні.

3. Зварювальні цехи суднобудівельних заводів. Тут зварювальні роботи поділяються на дві групи—виготовлення зварювання окремих елементів судна (перебори, люки, стерні, труби, щогли і ін.) і зварювальні роботи на стапелях при виготовленні корпусів суден. Роботи першої групи в суті нічим не відрізняються від цехів металічних конструкцій. Роботи на стапелях носять специфічний характер: велика площа проведення зварювальних робіт і розкиданість місць зварювання, робота зачасто в незручному положенні і значна кількість стельового зварювання, проведення зварювання, як правило, під відкритим небом і інші умови роблять роботу зварювальників-суднобудівельників на стапелях дуже важкою, при чому ця робота потребує до того ж спеціальних навичок.

4. Зварювальні цехи машинобудівельних заводів відмінні надзвичайною різноманітністю продукції—від дріб-

них деталей вагою в кілька кілограмів до дуже великих об'єктів вагою в кілька десятків тонн. Для зварювання дрібних деталей влаштовують спеціальні робочі місця в окремих кабінах з індивідуальним або груповим розташуванням зварювальних апаратів. Великі вироби потребують великих площ, потужних підйнятно-транспортних засобів для перевертання і прибирання виробів, спеціальних кондукторів і пристроїв, що забезпечують точність складання і зварювання окремих деталей, і наявності контрольно-вимірних приладів та пристроїв для перевірки розмірів готових виробів і окремих елементів, бо в машинобудуванні потрібна висока точність виготовлення.

5. Зварювальні цехи авто- і авіазаводів характеризуються цілим рядом специфічних умов, що роблять їх дуже відмінними від зварювальних цехів інших типів. Тут мають місце такі обставини:

а) різноманітність способів зварювання (дугове, газове, контактне, атомно-водневе);

б) різноманітність зварюваних металів та їх сортів (спеціальні сталі, кольорові метали і ін.);

в) висока відповідальність виготовлюваних виробів і деталей, надзвичайна суворість вимог щодо якості і розмірів;

г) невеликі розміри і вага виготовлюваних об'єктів, що дають можливість вести зварювання їх на окремих індивідуальних точках і не потребують потужних підйнятно-транспортних засобів;

д) широке застосування зварювальних автоматів і спеціальних пристроїв;

е) розподіл операцій і застосування поточного методу робіт при масовому випуску однакових деталей.

6. Ремонтні зварювальні цехи характером виконуваних у них робіт повинні мати різноманітне зварювальне устаткування (електрозварювання і газове зварювання), спеціальні горна і печі для нагрівання виробів, устаткування для підготовки виробів перед ремонтом, випробовувальні стенди, підйнятно-транспортні засоби і ін. Розташування, потужність і тили устаткування та розміри ремонтних цехів визначаються ремонтними роботами, підведення яких пристосований даний цех, і тому можуть бути дуже різноманітні.

§ 74. Розміщення зварювального устаткування

Зварювальне устаткування зварювальних цехів визначається типом цеху, прийнятим методом зварювання і характером виготовлюваної зварюванням продукції. Як основний метод зварювання у зварювальних цехах перших чотирьох типів тепер прийняте дугове електрозварювання методом Славянова. Тому основним зварювальним устаткуванням у цих цехах є зварювальні генератори постійного струму, зварювальні трансформатори і автомати для дугового електрозварювання.

Рациональне розміщення зварювального устаткування в цеху має дуже велике значення для зручності виробництва і повинне відповідати таким умовам:

1. Зварювальні агрегати¹ повинні знаходитися по можливості ближче до зварювальних постів.

2. Зварювальні агрегати повинні бути надійно захищені від пошкоджень і забруднень.

3. Розташування зварювальних агрегатів повинно допускати можливість зручного їх обслуговування нечисленним персоналом електромонтерів.

4. Зварювальні агрегати не повинні перешкоджати виконанню технологічного процесу складально-зварювальних робіт, прийнятого в даному цеху.

5. Розміщення зварювальних агрегатів повинно бути зручне для їх ремонту і заміни.

6. Живлення зварювальним струмом постів повинно допускати можливість роботи на будь-якому посту від будь-якого агрегата.

7. Зварювальні агрегати повинні займати по можливості меншу площу.

Зварювальні агрегати розміщують у цеху залежно від розмірів цеху і характеру виконуваних у ньому робіт за такими типами: 1) централізоване розміщення, 2) групове розміщення, 3) індивідуальне розміщення.

Централізоване розміщення зварювальних агрегатів полягає в тому, що всі агрегати, які обслуговують даний цех, розташовують у спеціальному машинному приміщенні, відокремленому від цеху стіною або бар'єром. Розташування це має багато переваг і відповідає майже всім переліченим вище умовам, за винятком першої і сьомої. Воно застосовується переважно в невеликих цехах, де найбільш віддалений зварювальний пост знаходиться не далі 30—40 м від машинного відділу. При централізованому розміщенні установлюються майже виключно зварювальні генератори постійного струму стаціонарного типу. При наявності однакових генераторів їх розташовують звичайно в два ряди, паралельно один до одного, на віддалі не менше 1,5 м один від одного, з проходом посередині не вужче 2 м. В середньому на один генератор потрібно з проходами 6—8 м² площі підлоги. При многопостових генераторах їх розміщують також рядами або один за другим.

Групове розміщення зварювальних агрегатів полягає в тому, що всі агрегати, які обслуговують даний цех, розбивають на групи по кілька (3—6) агрегатів у кожній, при чому ці групи по цехові розміщують так, щоб обслуговування всієї площі, де провадяться зварювальні роботи, було по можливості рівномірним і агрегати не знаходилися на великих віддалях

¹ Під зварювальними агрегатами тут і далі розуміються як машини постійного струму, так і зварювальні трансформатори.

більше 30—40 м) від місця зварювання. Групове розташування застосовується переважно у великих цехах і в тих випадках, коли площа проведення зварювальних робіт велика.

Розміщення агрегатів у цехові при груповому розташуванні буває таке:

1. Агрегати розташовані коло робочих місць на підлозі, за ґратами або бар'єром. Хиби цього розташування такі: стісненія площі цеху, поганий захист від забруднення, незручність ремонту і обслуговування.

Щоб не віднімати великої корисної площі цеху, звичайно для машин виділяють невелику площу коло стін або в кутах.

2. При великій кількості агрегатів у групах їх доцільно поміщати в спеціальних приміщеннях, влаштування і устаткування яких нічим в суті не відрізняється від централізованого розміщення машин.

3. Найбільш раціональним типом розміщення агрегатів при груповому розташуванні треба вважати розстановлення їх на спеціальних площадках-балконах, які влаштовують вздовж стін або між підкрановими колонами, на висоті 2—2,5 м. Переваги цього типу розміщення агрегатів такі: а) не забирається зайва площа цеху, бо простір під балконами використовується для виробничих робіт, б) агрегати розташовуються безпосередньо близько до робочих місць, знаходячись над ними, чим заощаджуються зварювальні кабелі і поліпшується режим роботи, в) агрегати не забруднюються в такій мірі як на підлозі цеху, г) зручність обслуговування спеціальним електромонтером і ремонту.

При груповому розташуванні розподіл зварювального струму по постах можна здійснювати через комутатор або безпосередньою проводкою зварювального кабеля від агрегата до робочого поста. Доцільне установлення на групу одного многопостового генератора, чим дуже заощаджується місце і зберігаються витрати по обслуговуванню.

Індивідуальне розміщення зварювальних агрегатів полягає в тому, що біля кожного зварювального поста ставиться окремий зварювальний агрегат, який обслуговує тільки цей пост. При індивідуальному розміщенні догляд за агрегатом виконується звичайно самим зварювальником, який працює від нього. Розташований безпосередньо біля робочого місця агрегат більше забруднюватиметься і пошкоджуватиметься, ніж при груповому або централізованому способах розміщення. Індивідуальне розміщення практикується здебільшого у малих зварювальних цехах при зварюванні дрібних об'єктів в кабінах або при проведенні зварювальних робіт на дуже великих площах (суднобудівельних площадках, суднобудівельних стапелях і ін.). В останньому випадку широко використовуються пересувні генератори постійного струму на колесах або зварювальні трансформатори, які для зручності пересування ставлять на спеціальні візки.

Обслуговувана індивідуальними пересувними агрегатами площа повинна мати силову сітку для вмикання електродвигунів генераторів або зварювальних трансформаторів коло місця проведення зварювальних робіт.

При розміщенні зварювальних автоматів приймають до уваги технологічний процес виготовлення на автоматах тих або інших виробів, тому для кожного роду виробництва розміщення буде індивідуальне. Зварювальні генератори, які обслуговують автомати, повинні знаходитися поблизу останніх, але так, щоб не стісняли площі і не перешкоджали виробництву.

Найкращим розміщенням генераторів для автоматів є розстановлення їх на балконах біля стін або між підкрановими колонами.

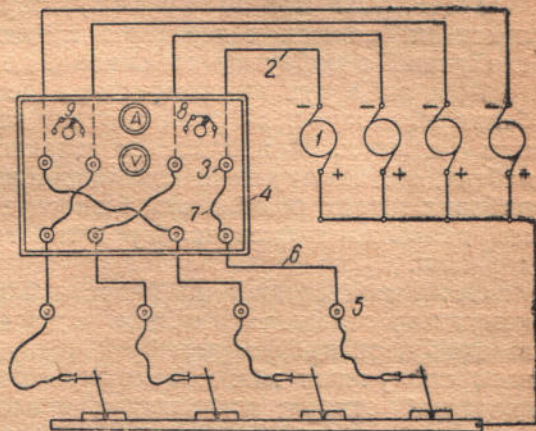
§ 75. Комутація зварювального струму

При розміщенні зварювальних машин в цехах треба постачати на пости робочий струм від агрегатів. Комутація зварювального струму повинна давати: 1) можливість зручного перемикання поста з однієї машини на другу, 2) можливість паралельного вмикання машин для роботи на один пост, 3) зручність регулювання зварювального режиму.

При індивідуальному розміщенні машин, коли машину встановлюють безпосередньо близько до зварювального поста, комутація струму здійснюється

за допомогою двох зварювальних кабелів, які сполучають машину із зварювальним постом. При індивідуальному розміщенні першу і другу умови важко виконати.

При розміщенні машин в окремому приміщенні і груповому можна здійснити підведення зварювального струму до робочих місць за двома схемами. За однією схемою зварювальні проводи від кожної машини підводять до певного робочого місця. При такій схемі зварювальні машини прикріплені до робочих місць, і в цьому випадку перша і друга умови не виконуються. Водночас при цій схемі є можливість виносити регулюючі і вимірні прилади з машинного зала до робочого місця і тим полегшувати регулювання зварювального режиму. За другою схемою машини вмикають на зварювальні пости через комутатори. Комутатори дозволяють дуже швидко і зручно перемикати машину з одного зварювального поста на другий.



Фіг. 100. Схема комутатора

На фіг. 100 дана схема комутатора такої будови. Зварювальний струм від генератора 1 іде по кабелю 2 до затиска 3, поміщеного на мармуровому щиті 4. Число затисків на цьому щиті відповідає кількості зварювальних генераторів. Від кожного зварювального поста 5 в цеху іде кабель 6 (підземний або настінний), який закінчується біля щита гнучким кабелем 7 з наконечником, що його можна вставляти в будьякий затиск 3 на щиті 4. Таким чином кожний із зварювальних генераторів може працювати на який завгодно пост, що дуже зручно при ремонті генераторів і дає можливість добирати потужність генератора відповідно до зварювального режиму, який вимагається на тому або іншому посту. Комутатор має вольтметр і амперметр, які сполучені так, що поворотом контактів 8 і 9 їх можна вмикати в зварювальне коло від будьякого генератора; вони ж дають можливість черговому електромонтеру стежити за зварювальним режимом генераторів.

Заземлення при цьому комутаторі роблять загальним. Всі позитивні полюси генераторів приєднані до загальної шини, сполученої з робочими стелажими, де зварюються вироби.

Робочий струм від комутатора іде до робочих постів по кабелях або шинах, які закінчуються на робочому місці контактним затиском. У цей затиск зварювальник вставляє гнучкий кабель, що закінчується контактним наконечником. Контакти на робочих місцях розміщують безпосередньо близько до стелажів, що дозволяє зварювальнику мати гнучкий кабель невеликої довжини.

Особливо зручний швейцарський комутатор. Швейцарський комутатор складається з двох рядів мідних шин, розташованих взаємно перпендикулярно; крім того, вони не мають електричного сполучення між собою. В місцях перетину в шинах просвердлені отвори; вставлянням в отвори штепселів здійснюється електричний контакт. Горизонтальні шини сполучаються за допомогою рубильників з борнами машин, вертикальні шини — із струмопідвідними щитками, розположеними безпосередньо біля робочого місця.

За допомогою такого комутатора дуже легко здійснюється вмикання зварювальних машин на паралельну роботу. Для цього шину, сполучену з робочим постом, де вимагається підвищена сила струму, сполучають одночасно з шинами двох зварювальних машин. Необхідно при цьому стежити за тим, щоб разом сполучались тільки однойменні полюси зварювальних машин.

При вмиканні на паралельну роботу треба по можливості добирати зварювальні генератори, однакові щодо типу і з однаковими зовнішніми характеристиками. Перед вмиканням необхідно відрегулювати напруги холостого ходу так, щоб вони були однакові. Після вмикання на паралельну роботу треба простежити по амперметрах, щоб машини були однаково навантажені.

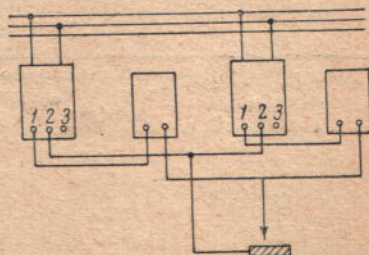
У випадку вмикання на паралельну роботу генераторів за схемою Розенберга („Елін“ СУП-1) треба сполучити між собою зрівняльні контакти. Призначення зрівняльних проводів таке. Якщо один з працюючих паралельно генераторів знизить чомусь свою напругу, то струм від другого, паралельно працюючого генератора піде по зрівняльному проводу в перший генератор, пройде по його обмотці збудження і підмагнітить полюси, тим самим підвищуючи напругу цього генератора. Таким чином однакова напруга і, значить, рівномірність навантаження генераторів підтримуватимуться автоматично. При паралельній роботі генераторів СМГ-1 зрівняльний провід сполучають з допоміжними щітками.

На фіг. 101 показана схема вмикання на паралельну роботу зварювальних трансформаторів. При паралельному сполученні зварювальних трансформаторів треба звертати увагу на правильне вмикання трансформаторів у первинну сітку, а також на правильне сполучення між собою затисків вторинних обмоток.

Із сторони первинної сітки трансформатори мають бути увімкнені в одну і ту ж фазу. Із сторони вторинного кола сполучаються разом затиски, що мають однакові потенціали, тобто 1—1 і 2—2 або 1—1 і 3—3. Якщо ж сполучити 1—1 і 2—3, то по обмотках трансформаторів піде зрівняльний струм, бо в одного трансформатора буде напруга 55 в, а у другого—65 в. Якщо ж сполучити затиски 1—2 і 2—1 або 1—3 і 3—1, то матимемо коротке замикання.

Тому що в деяких випадках виводи кінців вторинної обмотки на клемову дошку можуть бути переплутані, то перед паралельним вмиканням корисно їх перевірити. Роблять це так.

Сполучають разом провідником якінебудь два однойменні затиски, наприклад 1—1, а між затисками 2—2 вмикають вольтметр або лампочку. Якщо вольтметр нічого не показує або лампочка не загорається, то затиски сполучені паралельно, бо вони мають однакові потенціали і їх можна сполучити разом для паралельної роботи. Якщо вольтметр покаже напругу (110 або 120 в) або лампочка загориться, то це вказує на те, що між затисками, які перевіряються, є різниця потенціалів, і сполучити їх разом не можна. В такому випадку в одного з трансформаторів треба приєднати кінці провідників.



Фіг. 101. Схема вмикання на паралельну роботу зварювальних трансформаторів

Щоб уникнути перевантаження одного трансформатора за рахунок недовантаження другого, регулюючи маховички дроселів треба повернути однакове число раз, перевіряючи рівність навантажень обох трансформаторів по амперметрах, які є на них.

§ 76. Розрахунок проводів

При установленні зварювального поста доводиться стикатися з вибором перерізу зварювальних проводів. В більшості випадків буває досить вибрати переріз по силі струму, бо довжина зварювальних проводів невелика, тому спадання напруги в них незначне.

Норми навантаження проводів, установлені ІХ Всесоюзним електротехнічним з'їздом (ВЕЗ), можна застосувати і до зварювальних проводів, а тому що їх навантаження повторно-короткочасового характеру з тривалістю робочого періоду не вище 70%, то можна користуватися нормами ВЕЗ для повторно-короткочасової роботи (§ 102, табл. 1, стовп. 4):

Найбільша допустима сила струму для ізольованих проводів при повторно-короткочасовій роботі:

Переріз провoda, мм² 10 16 25 35 50 70 95 120 150

Найбільша допустима сила струму
в амперах 60 105 140 175 225 280 335 400 460

Зварювальний провід до тримача повинен бути особливо гнучким і по можливості легким. Нагрів провoda до тримача електродів можна доводити до 80° (замість 50° за нормами ВЕЗ), ідучи свідомо на швидше зношування ізоляції провoda від перегріву, бо однаково ізоляція зварювальних проводів зазнає сильного механічного зношування.

Таким чином, рахуючись з характером навантаження і допускаючи певний перегрів, можна збільшити норми навантаження гнучких проводів до тримача проти норм ВЕЗ.

В табл. 23 дано норми навантажень гнучких зварювальних проводів до електродотримача.

Таблиця 23

Найбільша допустима сила струму в а	Переріз провoda, мм ²	
	одинарного	подвійного
200	25	—
300	50	2 × 16
450	70	2 × 25
600	96	—

Для зварювального провoda беруть провід марки ПРГН (гнучкий).

Кінець зварювального провoda, який безпосередньо приєднують до електродотримача, повинен мати максимальну гнучкість, для цього провід роблять з великого числа дротів малого діаметра (0,18—0,20 мм). Довжина цього провoda (назвемо його робочим провodom) повинна бути не менше 3 м. Решта зварювального провoda може бути і менш гнучка.

Якщо зварювання виконується на значній віддалі від зварювальної машини, отже в зварювальних проводах можна сподіватися значного спадання напруги, то при виборі перерізу провoda за навантаженням струмом треба цей переріз перевірити на спадання напруги. Звичайно в силових електричних сітках допустиме спадання напруги беруть в процентах від напруги сітки.

Якщо зварювання виконується на значній віддалі від зварювальної машини, отже в зварювальних проводах можна сподіватися значного спадання напруги, то при виборі перерізу провoda за навантаженням струмом треба цей переріз перевірити на спадання напруги. Звичайно в силових електричних сітках допустиме спадання напруги беруть в процентах від напруги сітки.

При підрахункові зварювальних проводів треба виходити з величини напруги холостого ходу машини. Робоча напруга на дузі повинна бути порядку 20 в. Робоча напруга машини повинна покривати спадання напруги в зварювальних проводах і у вольтовій дузі. Тому, чим більше буде спадання напруги в зварювальних проводах, тим вища повинна бути робоча напруга зварювальної машини. Ця робоча напруга не може бути вища, ніж напруга, визначувана за статичною характеристикою машини при даній силі струму. Наприклад, якщо за статичною характеристикою при силі струму в 200 а робоча напруга 30 в, то допустима втрата напруги буде не більше 10 в. Якщо віддаль від місця установлення машини до місця зварювання $l = 95$ м і проводи взяті мідні (провідність $k = 57$) перерізом $q = 50$ мм², то спадання напруги перевіримо за формулою:

$$U = I \cdot R = I \frac{2 \cdot l}{k \cdot d} = 200 \cdot \frac{2 \cdot 95}{57 \cdot 50} = 13,3 \text{ в.}$$

Дістаємо величину спадання напруги більшу від тієї, яку можна допустити для даного випадку, тому переріз провода треба дещо збільшити, тобто взяти не 50, а 70 мм².

При підрахунках зварювальної сітки многопостових машин головні проводи, які підводять зварювальний струм до окремих зварювальних постів, розраховують не на сумарну силу окремих постів, а з урахуванням коефіцієнта одночасності, який в середньому можна прийняти рівним близько 0,7.

Якщо треба визначити переріз головних проводів многопостової машини на 12 постів при силі струму кожної дуги в 200 а, то тривалість навантаження проводів підраховуємо за формулою:

$$I_p = 0,7 \cdot n \cdot I_0 = 0,7 \cdot 12 \cdot 200 = 1680 \text{ а.}$$

Тому що одержана сила струму є тривалим навантаженням головних проводів многопостової машини, а не повторно-короткочасовим, то при визначенні перерізу треба керуватися нормами ВЕЗ для тривалого навантаження (§ 102, табл. 1, стовп. 2).

Крім того, при многопостових установках треба перевірити головні проводи на спадання напруги з тим, щоб можливі коливання напруги біля початку відгалуження до кожного окремого зварювального поста не перевищували $\pm 5\%$ напруги генератора.

В більшості випадків навантаження головних проводів многопостових машин виходить настільки значним, що дістати потрібний переріз одним проводом неможливо. В таких випадках беруть або кілька проводів меншого перерізу, або прокладають шини прямокутного перерізу.

При визначенні перерізу мідних шин можна виходити з норми 120—150 а/см². Звичайно шини мають товщину 10 мм і ширину не більше 100 мм. При потребі мати більший переріз групують дві і більше шин з проміжками між ними в 10 мм для кращого охолодження. Для алюмінієвих шин густину струму зменшують на 25%, для залізних—на 70%.

При розрахунку живильної силової сітки для зварювальних агрегатів силу струму визначають за відомими формулами електротехніки. Для зварювальних агрегатів з мотором трифазного струму навантажну силу струму визначають за формулою:

$$I = \frac{W}{1,73 \cdot U \cdot \cos \varphi \cdot \eta},$$

де W — потужність мотора у *вт*, U — напруга сітки у *в*, $\cos \varphi$ — коефіцієнт потужності мотора, звичайно 0,8, η — к. к. д. мотора.

Величину спадання напруги перевіряють за формулою:

$$e = \frac{1,73 \cdot I \cdot \rho \cdot l}{q},$$

де e — спадання напруги у *в*, I — сила струму мотора в *а*, ρ — питомий опір проводів (для міді він дорівнює 0,0175), l — довжина сітки в *м*, q — переріз проводів в *мм²*.

Первинну силу струму однофазних зварювальних трансформаторів визначають за формулою:

$$I = \frac{VA}{U},$$

де VA — вольтампери трансформатора (для СТ-2 15000 вольтампер), U — первинна напруга трансформатора.

Спадання напруги для сітки однофазних зварювальних трансформаторів перевіряють за формулою:

$$e = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot l$$

Величина e — не повинна перевищувати 5% від напруги сітки.

Значення найменшого перерізу живильних проводів для зварювальних агрегатів з мотором трифазного струму дані в табл. 24.

Таблиця 24

Марка машини	120 в		220 в		380 в	
	Переріз проводу на одну фазу <i>мм²</i>	Запобіжник на ампер	Переріз проводу на одну фазу <i>мм²</i>	Запобіжник на ампер	Переріз проводу на одну фазу <i>мм²</i>	Запобіжник на ампер
СМ-1	16	60	6	25	4	15
СМГ-1						
СУП 1						
СМ-2	35	100	16	60	6	25
СМ-32						
СМГ-2						
СМГ-2						
СМ-3	95	190	35	100	16	60
СМК-3						

Для трансформаторів СТ-2 перерізи проводів дано в табл. 25.

Таблиця 25

Напруга в <i>в</i>	120	220	380	500
Переріз проводів в <i>мм²</i>	25	16	10	6

ПОМІЧЕНІ ПОМИЛКИ

Стор.	Рядок	Зв./зн.	Надруковано	Треба читати
189	15	зв.	$U = I \cdot R = I \frac{2 \cdot l}{k \cdot d} =$	$U = I \cdot R = I \frac{2 \cdot l}{k \cdot q} =$
190	9	зв.	$e = \frac{1,73 \cdot l \cdot \rho \cdot l}{q}$	$e = \frac{1,73 \cdot I \cdot \rho \cdot l}{q}$
190	15	зв.	$l = \frac{VA}{U}$	$l = \frac{VA}{U}$
190	20	зв.	$e = 2 \cdot l \cdot \rho \cdot l$	$e = 2 \cdot I \cdot \rho \cdot l$

Даними цих таблиць можна користуватися тільки у випадку коротких проводів. При значних віддальх від силової магістралі до місця установаження машини треба перевіряти перерізи на величину спадання напруги в провадах.

Приклад. Визначити переріз проводів для вмикання зварювального агрегата СМ-2 у трифазну сітку напругою 380 в. Віддаль від місця вмикання до агрегата—500 м.

Визначимо споживаний струм. Потужність мотора за табл. 3 — 28 к.с. Перелічуємо потужність мотора на вати. 1 к. с. дорівнює 736 вт Отже, потужність мотора у ватах буде: $736 \cdot 28 = 20608$ вт.

Тепер можемо визначити струм, який забирає мотор, якщо $\cos \varphi = 0,8$ і $\eta = 0,87$:

$$I = \frac{20608}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,8 \cdot 0,87} \approx 45 \text{ а.}$$

Знаючи струм, визначаємо втрату напруги в сітці при перерізі провада за табл. 24, рівному 6 мм²:

$$e = \frac{1,73 \cdot 45 \cdot 0,0175 \cdot 50}{6} = 11,3 \text{ в.}$$

При напрузі 380 в максимально допустима втрата напруги буде:

$$\frac{380 \cdot 5}{100} = 19 \text{ в.}$$

Отже, в даному випадку переріз провада, взятий за таблицею і перевірний на спадання напруги, — допустимий.

§ 77. Монтаж зварювальних машин

Під монтажем електрозварювальних машин в даному випадку розуміється установаження їх і вмикання. В більшості випадків монтаж електрозварювальних машин не потребує багато часу, матеріалів і складних робіт.

Монтаж зварювальних трансформаторів полягає в улаштуванні невеликого щитка, на якому установажують двополосний рубильник на силу струму, підраховану за формулою, вказаною вище, запобіжники на кожний провід і амперметр, якщо бажано знати силу струму в первинному колі трансформатора. До щитка підводяться від силової сітки два провади. Ніякий фундамент під зварювальний трансформатор і регулятор непотрібний: апарати ставлять прямо на підлогу або на землю.

Кожух трансформатора заземлюють за допомогою мідного провада перерізом 6 мм² або залізного перерізом 12 мм². Для заземлення можна використати залізну оцинковану трубу діаметром 38—48 мм, довжиною 1—2 м, яку вбивають в землю. Заземлюючий провід приварюють або припаюють до заземлення. До корпусу трансформатора заземлюючий провід можна приєднати за допомогою наконечника, пригвинчуваного до затиска кожуха трансформатора.

При монтажі зварювальних машин постійного струму на пересувних візках також ніяких складних робіт виконувати не доводиться. Ніякий фундамент для таких машин непотрібний. При

установленні слід тільки перевірити за ватерпасом горизонтальне положення вала, щоб запобігти передчасному зношенню підшипників.

Звичайно в пересувних машинах всі внутрішні електричні сполучення виконуються при випуску із заводу, отже на місці установлення треба тільки приєднати до силової сітки мотор зварювальної машини. Корпус машини обов'язково заземлюється.

При установленні стаціонарних зварювальних машин, крім виконання звичайних електричних сполучень, треба робити фундамент. Фундаменти можуть бути і тимчасові і постійні.

Тимчасові фундаменти роблять, коли зварювальна установка має тимчасовий характер—ставиться для проведення певної роботи, після виконання якої потреба в зварювальній машині відпадає.

Конструкція і характер тимчасового фундаменту зумовлюються тими вимогами, які ставляться до фундаментів взагалі. Звичайно тимчасові фундаменти роблять у тимчасових приміщеннях, де підлога земляна. В цьому випадку машини ставлять на дерев'яну раму, складену з брусків (колод), закорених у ґрунт. Крізь колоди пропускають болти, якими і кріпляться фундаментна плита або рама машини.

В деяких випадках при твердому ґрунті або на достатньо міцній підлозі для тимчасової роботи машину можна поставити без будь-якого спеціального фундаменту, треба тільки вжити заходів проти пересування машини в наслідок вібрації при роботі.

Спрощені тимчасові фундаменти допустимі, розуміється, тільки для однопостових машин. Для машин же багатопостових, як і для однопостових, установлюваних стаціонарно у постійних цехах, треба споруджувати фундаменти за всіма правилами для електричних машин середньої потужності.

При монтажі стаціонарних зварювальних машин всі проводи і кабелі треба монтувати так, щоб вони були захищені від випадкових механічних пошкоджень. Для цього проводи і кабелі прокладають під підлогою і вмощають у залізні труби.

Проводку між машинами і розподільним щитком виконують здебільшого проводом марки ПР, а також освинцьованими і броньованими кабелями.

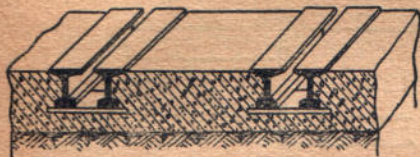
§ 78. Робочі місця зварювальних цехів

Влаштування, розміри і розміщення робочих місць у зварювальних цехах визначаються характером продукції, яку виготовляє даний цех, наявністю підйнятно-транспортних засобів і прийнятим при виробництві методом зварювання. В дальшому ми розглядатимемо робочі місця зварювальних цехів, які працюють в основному за методом Славянова.

В цехах, які виготовлять зварні металічні конструкції будівельного і мостового типів (ферми кроквові, підкранові, мостові і ін., колони і балки підкранові, гратчасті мости, опори і т. д.), зварювання виконується звичайно на складальних стелажах. Наведемо деякі з використовуваних типів стелажів.

1. Стелажи з балок або рейок, укладених на віддалі 0,8—1 м паралельно одна до одної на стояках висотою 0,4—0,6 м. Верхня поверхня всіх балок повинна бути точно горизонтальна (під ватерпас). На стелажах цього типу складають великі ґратчасті конструкції і листові конструкції струбцинами або прихваткою електрозварюванням. В останньому випадку рештки швів, після того як будуть прибрані конструкції, мають бути зрублені врівень. Стелажи цього типу роблять здебільшого на відкритих складальних площах заводів металічних конструкцій і мостів; їх повинні обслуговувати мостові або котучі крани для перевертання і прибирання виробів.

2. Стелажи, які складаються з попарно сполучених підшвами вгору рейок (фіг. 102), укладених під ватерпас паралельно



Фіг. 102. Стелаж для складання і зварювання



Фіг. 103. Стелаж із залізних полос

одна до одної на віддалі 0,8—1 м; простір між рейками заповнений бетоном врівень з поверхнею підшви рейок.

Щілини, утворювані підшвами рейок, служать для установлення в них болтів із затисками для кріплення елементів складаних конструкцій. Стелажи цього типу роблять у добре устаткованих зварювальних цехах заводів металічних конструкцій і мостів.

3. Стелажи, які складаються із залізних листів товщиною від 12 до 25 мм, укладених на двотаврові балки або швелери. Листи мають отвори з нарізкою, в які вкручуються болти для кріплення деталей або напрямні косинці, по яких проводиться розкладка елементів при складанні і прихватка.

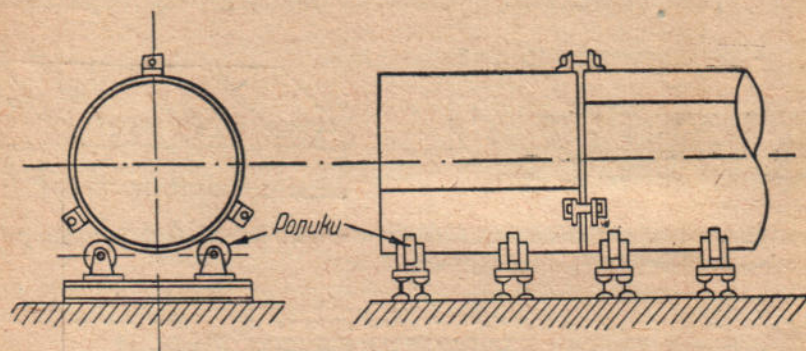
4. Стелажи із залізних полос товщиною 20—30 мм, приварених до швелерів так, що листи утворюють щілини (фіг. 103), в які вставляються болти для кріплення деталей. Розміри стелажів залежать від величини складаних на них виробів і коливаються в дуже широких межах.

Циліндричні вироби зварюють на роликівих стелажах. Вони складаються з сталічних або чавунних роликів діаметром від 200 до 500 мм, що обертаються на осях, укріплених у підшипниках, які установлені на балках (фіг. 104). Віддаль між осями роликів може змінюватися залежно від діаметра зварюваних обичайок. Віддаль між балками з роликами установлюється так, щоб під кожною обичайкою при складанні було не менше двох пар роликів. При зварюванні кругових швів виріб повертають на роликах навколо їх поздовжньої осі. Зварювані обичайки повертають вручну або механічним способом—приводом від електродвигуна.

Останнє застосовується при автоматичному зварюванні кільцевих швів, при чому в цьому випадку виріб повертають на роликах безперервно весь час зварювання із швидкістю, яка відповідає швидкості зварювання шва.

Окремі обичайки круглих циліндричних виробів (корпусів ректифікаційних колон, скрубєрів доменних цехів і інших апаратів) складають і зварюють у зварювальних цехах на спеціальних стелажах-кондукторах, що забезпечують швидко і точно складання. Після зварювання вертикальних швів по твірній обичайки виймають з кондуктора краном.

Малі вироби (вагою не більше 30—40 кг) зварюють на спеціальних зварювальних столах, які встановлюють у зварювальних



Фіг. 104. Роликові стелажі

кабінах. Зварювальна кабіна являє собою відгороджене з чотирьох боків приміщення розміром від 4 до 6 м², в якому знаходяться стіл і стілець зварювальника і іноді ставиться зварювальний агрегат (здебільшого трансформатор). Кабіни в цехах влаштовують звичайно вздовж стіни (бажано з вікнами), і відгороджені вони від цеху брезентовими завісками або фанерними пересувними щитами висотою близько 2 м, укріпленими на каркасі із залізних труб діаметром 1½—2". Кабіни одна від одної відокремлені фанерними або брезентовими завісками.

Зварювальні столи роблять прості і удосконалені. Простий зварювальний стіл являє собою залізну плиту розміром в 1 м² і товщиною в 10—16 мм, укріплену на чотирьох залізних ніжках з труб або косинців. Висота стола—близько 0,7 м. Зварюваний виріб кладеться на стіл, сполучений з одним із полюсів зварювальної машини, тобто заземлений. Виріб на простому столі повертають вручну.

Удосконалені зварювальні столи дають можливість швидко встановлювати закріплюваний на них зварюваний виріб в яке завгодно зручне для зварювання положення. Для цього плита стола зроблена так, що вона може обертатися в різних площинах; положення її можна змінювати за допомогою гвинтових, шестерінних або рейкових механізмів, що приводяться в рух

рукояткою вручну, або для важчих столів—від невеликого електродвигуна з кнопковим управлінням, з довгим гнучким шлангом. Конструкції таких столів (маніпуляторів) дуже різноманітні і визначаються типом, вагою і розмірами виробів, які на цих столах зварюються.

§ 79. Контрольно-випробувальні і допоміжні установки

Зварювальні цехи мають бути устатковані контрольно-випробувальними установками залежно від того виду продукції, яку вони випускають.

Для гідравлічного випробування котлів, апаратів і інших виробів під тиском в цеху влаштовують випробувальний стенд з водонепроникною підлогою, устаткований гідравлічним насосом, водопроводною лінією для наповнення випробовуваних посудин водою і каналізацією для спуску води після випробування. Випробувальні стенди розташовують звичайно в кінці складально-зварювального прогону, куди готові вироби подаються краном або на вагонетках.

Для випробування ємності повітрям на густину при тискові до 1—2 ат цех має бути устаткований повітряною лінією. Випробовувати повітрям можна на всякому робочому місці, де є відгалуження від повітропроводу цеху.

Для контролю швів рентгеном у зварювальних цехах влаштовують рентгенівські лабораторії, які можуть бути стаціонарні або пересувні.

Стаціонарна рентгенівська лабораторія відмінно від пересувної, де рентгенівський апарат підводиться до випробовуваного об'єкта за місцем його знаходження, являє собою відгороджене від решти цеху бетонною стіною приміщення таких розмірів, щоб у нього можна було подати найбільший по габаритах виготовлюваний у даному цеху котел або апарат. Виріб можна подати на вагонетці або рейковою колією (лабораторія заводу „Парострой“), або мостовим краном зверху в лабораторію, яка не має стелі (Ворошиловградський паровозобудівельний завод). Рентгенівський апарат поміщається звичайно на візку на рейках або на гумовому ході і може пересуватися вздовж контрольованого об'єкта. Поряд розташовуються фотолабораторія для проявлення рентгенограм і робоча кімната завідувача лабораторією.

Рентгенівські лабораторії тепер дуже необхідні для заводів і цехів, які випускають зварні котли і апарати під тиск.

Механічна лабораторія для випробування контрольних зразків зварних швів і нагрітого металу повинна бути по можливості при кожному зварювальному цехові, що випускає відповідальні вироби всіх типів, і має бути устаткована апаратурою для випробування зразків на розтягання (розривний прес потужністю 30—50 т), твердість і ударну в'язкість. Бажано також, щоб у лабораторії можна було випробовувати зразки нагрітого металу (на пресі Гагаріна).

При виготовленні зварних виробів, які потребують відпалу для усунення напруг після зварювання, при цехові повинні бути зроблені печі для відпалювання таких розмірів, щоб у них вміщалися повністю відпалювані вироби (котел, апарат і т. д.).

§ 80. Санітарно-гігієнічні вимоги, які ставляться до зварювальних цехів

При роботах по дуговому електрозварюванню треба забезпечити робітникам зварювальних цехів наявність певних санітарно-гігієнічних умов, які роблять перебування робітників в цехові безпечним, а роботу найбільш продуктивною. Для цього потрібне додержання в зварювальних цехах таких умов: 1) повний захист від непогоди—дощу, снігу, вітру і підтримання нормальної температури, 2) добре освітлення робочих місць—штучне і природне, 3) добра вентиляція, 4) безпечність від ураження струмом, 5) захист від шкідливого впливу проміння вольтових дуг, 6) зручне положення зварювальника під час роботи, 7) підтримання повної чистоти в усіх цехах і звільнення робочих місць від усіх зайвих предметів. Спинимосся докладніше на деяких з цих умов.

Для захисту від непогоди зварювальні цехи треба робити з покрівлею і з стінами з усіх боків, або, де це дозволяють кліматичні умови, провадити зварювальні роботи під навісами, закритими стінами із сторони пануючих вітрів. Висота приміщення визначається габаритами виробів і величиною мостових кранів, але в усякому разі не повинна бути нижче 5 м (до нижнього пояса крокв).

Площа зварювального цеху також залежить від роду продукції і коливається від 4 до 20 м² на одного зварювальника. При виконанні зварювальних робіт на відкритих площах треба огороджувати зварювальника переносними щитами або кабінами від вітру, сонця, дощу і снігу.

Освітлення робочих місць може бути природне (денним світлом) і штучне; в обох випадках освітлення має бути цілком достатнім, і для зменшення контрасту між яскравістю дуги і навколишнім фоном освітленість робочого місця повинна бути в межах 50—100 люксів. Для цього ж рекомендується фарбувати стіни кабін і цехів у світлі (блакитнуватий, зеленуватий або жовтуватий) тона.

При роботі всередині закритих посудин необхідне освітлення забезпечується застосуванням переносних низьковольтних (12 в) електричних ламп, що живляться від спеціального переносного трансформатора.

Вентиляція має особливо велике значення в зварювальних цехах, бо при процесі зварювання виділяється велика кількість шкідливих газів (оксиди азоту, вуглець-оксид і вуглекислий газ) та диму, що складається з дрібнісіньких часточек залізо-оксиду. Цей пил з часом вкриває іржавим налітом стіни,

стелю і віконні шибки зварювальних цехів, дуже зменшуючи освітленість цеху і впливаючи на здоров'я цехових робітників. Вентиляцію влаштовують загальну і місцеву. Загальна вентиляція має на меті очищення повітря, забезпечення обміну його в усьому приміщенні і може бути природна—через стіни, вікна, фанари на даху, двері і т. д.—і штучна. Штучна вентиляція буває витяжна і припливно-витяжна. При витяжній вентиляції зіпсоване повітря видаляється з приміщення природною тягою по системі витяжних каналів і вентиляційних труб і видаляється витяжним вентилятором. При припливно-витяжній вентиляції свіже повітря нагнітається вентилятором по спеціальних повітропроводах і надходить в цех через повітроприймачі, розміщені вздовж стін внизу, а зіпсоване видаляється, як при витяжній вентиляції.

Загальну вентиляцію треба влаштовувати в усіх закритих зварювальних цехах і особливо там, де через умови роботи зварювальники розкидані по всій площі цеху і місця горіння дуг не мають точно певних положень. Хіба загальної вентиляції в тому, що потік забрудненого повітря, пориваючись уверх, вражає органи дихання зварювальника.

Кращі з цього погляду результати дає місцева вентиляція, яка полягає в тому, що забруднене повітря відтягується безпосередньо від місця горіння дуги, минуючи зварювальника. Установки місцевої вентиляції робляться над столами в зварювальних кабінах і взагалі в тих випадках, коли місця горіння дуг у цехові залишаються постійними, що дозволяє установлювати приймач для забрудненого повітря на певному місці—в місці горіння дуги. Місцева вентиляція особливо необхідна при зварюванні всередині закритих посудин.

Захист від світла вольтових дуг досягається в зварювальних цехах застосуванням переносних ширм і щитів або зварюванням у закритих кабінах. Щити і ширми складаються з дерев'яного або залізного каркасу і обшиваються тонкими дошками або фанерою. Висота їх від 1 до 1,7 м. Місця зварювання при зварюванні на висоті відгороджуються спеціальними щитами на підставках висотою 2—3 м.

Зручне положення зварювальника при роботі в значній мірі сприяє підвищенню якості його роботи. Треба прагнути до того, щоб зварювальник працював по можливості завжди сидячи на переносному легкому стільці, висота якого може змінюватися залежно від розміру і положення зварюваного об'єкта і росту зварювальника. При роботах на висоті зварювальник повинен користуватися спеціальними драбинами з пересувним сидінням, яке установлюють на висоті залежно від умов роботи. Щоб не втомлювалася рука зварювальника, яка тримає електродотримач з кабелем, слід при стаціонарній роботі рекомендувати влаштування підлокотників у вигляді стремена, що підтримує руку на вісу, або у вигляді опори з переміщенням по висоті.

§ 81. Підйимально-транспортне і інше устаткування зварювальних цехів

Зварювальні цехи мають бути забезпечені відповідним підйимально-транспортним устаткуванням, потужність, типи і розміри якого визначаються тією продукцією, яку даний цех виробляє. Найбільш поширені і зручні—мостові електричні крани вантажністю від 3 до 25 т, які встановлюють у закритих цехах, а також і на відкритих складально-зварювальних площах. Відкриті складально-зварювальні площі часто зручно обслуговувати пересувними кранами із стрілою довжиною 8—15 м і вантажністю 3—5 т. Ці крани бувають парові, електричні і з двигунами внутрішнього згорання; вони пересуваються по рейках широкої або вузької колії або на гусеничному ході, що зручніше, бо забезпечує кранові більшу рухливість. Дрібні вироби і заготовки по робочих площах транспортуються на вагонетках рейковими коліями, на електрокарах або тракторних причепах.

У добре устаткованих зварювальних цехах має бути сітка стиснутого повітря, яке потрібне для пневматичного інструмента (зубил, чеканок, молотків, свердлилок, наждачних кругів, щіток, піскострумних апаратів і ін.) і для випробування посудин на щільність. Стиснуте повітря в сітку подається від центральної заводської компресорної станції або ж цеховим компресором (стаціонарним або пересувним), установленим у цехові у спеціальному приміщенні.

Для газового різання і зварювання цехи мають бути устатковані трубопроводом для кисню від центральної кисневої станції або газифікатором рідкого кисню, ацетиленовим трубопроводом від центрального ацетиленового генератора. Якщо цих газів споживають мало, тоді кисень і ацетилен постачають з балонів, поміщених поблизу робочих місць. Транспортувати балони по цехові треба у спеціальних візках або на ношах.

РОЗДІЛ XIV

ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА І ТЕХНОРМУВАННЯ

§ 82. Рентабельність, собівартість і калькуляція

„Ми будемо битися за те, щоб наші підприємства були рентабельні“.

Орджонікідзе

Кожне підприємство повинно бути рентабельним, тобто працювати з прибутком. Щоб підприємство було рентабельним, треба, щоб собівартість його продукції була по можливості нижча. Собівартість називається сума витрат, зроблених при виготовленні якоїнебудь продукції, наприклад при виготовленні зварних конструкцій, при чому собівартість їх вираховується звичайно на одиницю виробу, наприклад на 1 т конструкцій.

Собівартість продукції складається з таких елементів: 1) вартості матеріалу, 2) вартості робочої сили, 3) вартості транспорту, 4) накладних витрат. Вартість матеріалу, робочої сили і транспорту називається прямими витратами.

При обчисленні вартості матеріалів береться вартість тільки тих матеріалів, які йдуть безпосередньо на виготовлення даного об'єкта, наприклад для зварних конструкцій урахується вартість заліза (сталі), з якого робиться конструкція, електродів, кисню і ацетилену (на різання).

При обчисленні вартості робочої сили враховується тільки зарплата безпосередніх виконавців даної роботи—виробничих робітників, наприклад розмічальників, котельників, складальників і зварювальників.

Транспортні витрати враховуються тільки ті, які роблять безпосередньо для даної роботи.

Накладні витрати поділяються на цехові і загальнозаводські (управлінські).

Під цеховими накладними витратами розуміються витрати на такі об'єкти:

1. Енергія всіх видів (силова, світлова, паливо, стиснуте повітря і технологічна вода).

2. Зарплата основна цехових інженерно-технічних працівників (ІТР), службовців і молодшого обслуговуючого персоналу (МОП) і допоміжних робітників.

3. Додаткова зарплата цеховим робітникам, ІТР і службовцям—проїзні, квартирні, відпускі і ін.

4. Нарахування на зарплату—соцстрах, утримання завкому, дитясел і ін.

5. Охорона праці і техніка безпеки (спецодяг, спецхарчування, запобіжні огороження і ін.).

6. Канцелярські і конторські витрати.

7. Відрядження і проїзди в справах.

8. Витрати на утримання будівель, інвентар, опалення, освітлення.

9. Витрати на утримання машин, верстатів і устаткування.

10. Витрати на утримання і поновлення інструмента.

11. Поточний ремонт будівель і споруд.

12. Поточний ремонт інструмента, верстатів і іншого устаткування.

13. Амортизація.

14. Втрати від браку.

Під загальнозаводськими накладними витратами розуміються витрати примірно по тих же об'єктах, але ці витрати стосуються апарату заводууправління і утримання будівель, інвентарю, шляхів, дворів і ін. усього заводу. Сюди входить також утримання пожежної і воєнізованої охорони, вербування робітників, утримання заводського матеріального складу і т. д.

Розмір накладних витрат, які дуже впливають на собівартість продукції, залежить від цілого ряду причин: роду і харак

теру виробництва, наявності і стану устаткування, кількості інженерно-технічного персоналу, службовців і допоміжних робітників і визначається в процентах від витрат на основну зарплату виробничих робітників. Для кожного роду підприємств Наркоматом установлюється свій процент накладних витрат з урахуванням їх специфічних особливостей. Для зниження собівартості треба в першу чергу знижувати накладні витрати.

Собівартість продукції визначається калькуляцією. Калькуляція може бути планова і звітна.

Планова калькуляція визначає собівартість на основі установлених цін і норм накладних витрат і інших нарахувань. Звітна калькуляція дає фактичну собівартість на основі документальних даних про фактичні витрати матеріалу, робочої сили, транспорту і фактичні накладні витрати.

Вартість по звітній калькуляції в правильно організованому підприємстві не повинна перевищувати планову собівартість. При плановій калькуляції приймаються деякі проценти нарахувань на окремі елементи собівартості; так, на вартість матеріалу і на транспортні витрати нараховується 4% і на всю вартість ще 10% на непередбачені витрати.

Приклад. Нехай на якусь продукцію маємо такі прямі витрати:

Вартість матеріалу	100 крб.
Зарплата робітників	50 "
Вартість транспорту	10 "
<hr/>	
Разом прямих витрат	160 крб.

Нарахування:

На матеріали 4%	4 крб.
Накладні витрати на робочу силу 168%	84 "
На транспорт 4%	— " 40 коп.
<hr/>	
Разом нарахувань	88 крб. 40 коп.

Отже загальна вартість 160 крб. + 88 крб. 40 коп. = 248 крб. 40 коп.
Нарахування 10% на загальну вартість 24 крб. 84 коп.

Вартість по плановій калькуляції даного виробу буде:

248 крб. 40 коп. + 24 крб. 84 коп. = 273 крб. 24 коп.

Загальна сума накладних витрат для даного виробу буде:

88 крб. 40 коп. + 24 крб. 84 коп. = 113 крб. 24 коп.

Загальні накладні витрати по відношенню до вартості робочої сили будуть:

$$\frac{113,24 \times 100}{50} = 226,5\%$$

У зварювальному виробництві зниження собівартості можна провести за рахунок таких заходів:

1. Економія матеріалів — раціональна конструкція виробів, що не потребує зайвого матеріалу (косинок, планок і т. д.), зменшення відходів при різанні листового і профільного заліза і використання обрізків на дрібні деталі, зменшення величини огарків електродів, економне витрачання газів — ацетилену і кисню.

2. Раціоналізація виробничих процесів і їх механізація—застосування автоматичного зварювання, зварювання підвищеними силами струму, використання різних пристроїв і кондукторів, які полегшують і спрощують роботу зварювальника і складальника, широке використання механічних підіймально-транспортних засобів (пересувних і мостових кранів, електрокар і ін.).

3. Збільшення продуктивності праці зварювальника—перехід на стахановські методи роботи: правильне розстановлення зварювальників по зварюваних об'єктах залежно від кваліфікації зварювальників і ступеня відповідальності об'єкта, забезпечення робочого місця всім необхідним—електродами, справними кабелями і електродотримачами, масками, пристроями, справними агрегатами і т. д. і повне завантаження роботою, звільнення зварювальників від допоміжних робіт по чищенню і перевертанню виробів та прибиранню їх, правильне застосування норм і розцінок і прогресивної системи оплати праці з урахуванням якісних показників і т. д.

4. Збільшення змінності—краще використовується устаткування, що веде до зменшення накладних витрат на одиницю випущеної продукції.

§ 83. Елементи планування виробництва

Госпрозрахунок не може існувати без плану. Кожне підприємство повинно мати місячні, квартальні і річний плани, за якими воно буде свою роботу. Виробничо-фінансовий план (промфінплан) містить у собі всі показники, які характеризують роботу даного заводу або підприємства: 1) випуск продукції по окремих видах її з зазначенням кількості в натуральних показниках (тоннах, штуках) і в грошових виразах (вартість), 2) середнь-спіскове число робітників, ІТР, службовців і МОП, 3) середня зарплата по різних категоріях робочої сили, 4) повний фонд зарплати по цих же категоріях, 5) виробіток на одного робітника за квартал, місяць, день.

З виконання промфінплану і одержаних показників по праці судять про роботу підприємства. Саме по собі перевиконання виробничої програми ще не вказує на добру роботу підприємства; треба ще знати, як витрачений фонд зарплати і які собівартості продукції і продуктивність праці. Припустимо, що завод виконав програму на 120%, а фонд зарплати витрачений на 150%—маємо перевитрату фонду зарплати на 30%, що вказує на погану організацію праці і відсутність боротьби за зниження собівартості. При збільшенні виробітку продукції підприємством, розуміється, повинен відповідно збільшуватися і фонд зарплати.

Продуктивність праці робітника в плані підприємства характеризується так званим виробітком на одного робітника за одиницю часу (день або місяць). Під виробітком розуміється кількість продукції в грошовому і натуральному виразі, яку повинен дати робітник за певний відрізок часу.

Припустимо, що зварювальний цех повинен випустити в місяць продукції на 600000 крб. і має за планом середньоспискове число виробничих робітників 520 чоловік. Отже, плановий виробіток на одного робітника в місяць буде:

$$\frac{600000}{520} = 1153 \text{ крб.},$$

а виробіток на день (з розрахунку 22,5 дня на місяць):

$$\frac{1153}{22,5} = 51 \text{ крб. 30 коп.}$$

Фактичний виробіток визначається поділом фактичної собівартості (за звітними даними) випущеної продукції на середньоспискове число виробничих робітників.

§ 84. Технічне нормування зварювальних робіт

Продуктивність праці зварювальника обчислюється залежно від кількості наплого ним металу за одиницю часу (наприклад за годину), яка в свою чергу залежить від цілого ряду факторів як технологічного, так і організаційного порядку. До факторів технологічного порядку належать: 1) сила зварювального струму, 2) діаметр і сорт електродів та обмазки, 3) рід струму, 4) положення шва, 5) підготування кромки і вигляд сполучень, 6) рід і призначення зварюваної конструкції. До факторів організаційного порядку належать: 1) організація підготовчих робіт, 2) кваліфікація зварювальника, 3) умови роботи (в цехові, на монтажі і т. д.), 4) постачання зварювальнику електродів і інструментів, 5) зміна електродів, 6) організація контролю та інструктажу і ін.

Урахування впливу всіх цих факторів на кількість наплого металу за одиницю часу—досить складна задача, розв'язанням якої займається технічне нормування. Норми встановлюються шляхом дослідження великого числа практичних робіт, які проводяться в умовах правильної організації виробництва. При встановленні норм провадиться хронометраж, тобто по секундоміру-хронометру відзначають час, який витрачається на певну операцію, наприклад, на розтоплення одного електрода. Для встановлення норми провадиться хронометраж дуже великої кількості проб, щоб установити середню цифру, яка і вважається нормою для даних умов роботи.

Кількість наплого металу при дуговому електрозварюванні досить точно можна виразити формулою:

$$Q = a \cdot I \cdot t,$$

де Q —кількість наплого металу в г, I —сила струму в амперах, t —час в годинах, a —коефіцієнт наплення, який показує, яка кількість металу наплюється за годину силою струму в 1 а.

Величина коефіцієнта натоплення коливається в досить великих межах і залежить від роду струму, сорту і обматки електродів. Для нормування можна прийняти такі значення коефіцієнта натоплення при зварюванні на змінному і постійному струмі в яких зазвичай (крім стельового) положеннях: а) при сірій обматці (ВЭТ № 3) $a = 7,6 \text{ г/а}$ в годину, б) при крейдяній обматці $a = 8,2 \text{ г/а}$, в) при зварюванні на постійному струмі голім електродом $a = 10,8 \text{ г/а}$, г) при захисній обматці (ОММЗ) — $a = 11 \text{ г/а}$.

Приклад. Визначити кількість натопленого металу за годину при зварюванні електродами з крейдяною обматкою силою струму в 180 а.

$$Q = a \cdot I \cdot t = 8,2 \cdot 180 \cdot 1^{\text{г}} = 1480 = 1,48 \text{ кг.}$$

При ручному зварюванні у виробничих умовах зварювальник варить не безперервно, а обриває дугу всякий раз при зміні електрода, для очищення шва, при переміщенні для виконання робіт і т. д., отже, дуга протягом години горітиме не повну годину, а менше. Величина, яка показує, яку частину часу горить у зварювальника дуга від усього його робочого часу, називається коефіцієнтом використання зварювального поста і показує, як повно використовується протягом робочого дня зварювальний пост. Цей коефіцієнт змінюється залежно від умов роботи і організації робочого місця зварювальника.

Примірну величину цього коефіцієнта e , використовуваного при нормуванні зварювальних робіт, можна прийняти таку:

- а) при ремонтних роботах в незручному положенні при значній кількості поворотів і охолодженні деталі $e = 0,4 - 0,5$
- б) ремонтні роботи по чавуну, зварювання переривчастих швів, зварювання на монтажі на висоті $e = 0,5 - 0,6$
- в) натоплювання валів, бандажів, зварювання в польових умовах лінійних швів, зварювання трубопроводів $e = 0,6 - 0,7$
- г) зварювання гратчастих металічних конструкцій в цехах при відокремленні складання від зварювання $e = 0,7 - 0,8$
- д) зварювання котельно-резервуарних і балочних конструкцій в добре організованих цехах $e = 0,8 - 0,9$

Чим краще організовано робоче місце, тим менше зварювальник гає часу на сторонню роботу, крім своєї основної роботи—зварювання, тим вищий коефіцієнт використання поста; у кращих стахановців-зварювальників він наближається до одиниці, тобто зварювальник-стахановець варить весь робочий час, роблячи перерви тільки на зміну електродів.

Норми виробітку на зварювальні роботи звичайно встановлюють в лінійних метрах шва (крім натоплювальних робіт, які даються у вагових показниках) залежно від виду шва, його розмірів і положення.

Приклад. Установити норму виробітку в лінійних метрах за годину на зварювання нижнього стикового шва в листах товщиною 12 мм при роботі в цехові; електроди—з крейдяною обматкою; сила струму $I = 300 \text{ а}$. Прий-

нявши коефіцієнт використання поста $e = 0,9$, дістанемо, що за годину зварювальник натопить металу

$$Q = a \cdot I \cdot t \cdot e = 8,2 \cdot 300 \cdot 1 \cdot 0,9 = 2214 = 2,21 \text{ кг.}$$

За табл. 26 знаходимо, що для 12-мм шва встик з V-подібним підготуванням вага 1 лін. м.

$$g = 1,24 \text{ кг.}$$

Отже за годину зварювальник зварить:

$$l = \frac{2,21}{1,24} = 1,78 \text{ лін. м.}$$

що і буде нормою виробітку на годину для даних умов роботи.

Таблиця 26

Вага в кг 1 лін. м шва (за даними ІННОРС)

Вигляд шва	Товщина шва мм													
		3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20		
Стикове без скосів . .		0,12	0,70	0,24	0,30	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Стикове V-подібне, кут 70°		—	—	0,26	0,36	0,62	0,90	1,24	1,66	2,19	2,80	3,40		
Кутове (валиком) . . .		0,054	0,10	0,15	0,22	0,39	0,61	0,88	1,18	1,54	1,95	2,41		

Норму цю можна перевиконати за рахунок: а) збільшення сили струму і б) збільшення коефіцієнта використання поста.

Для зварювальника норма виробітку дається в лінійних метрах шва за годину або за день (7 год.). Норма часу вказує, скільки годин або часток години повинен витратити зварювальник на зварювання 1 лін. м шва.

Норми часу визначаються з норм виробітку—поділом одиниці на норму виробітку за годину. Для даного прикладу норма часу $t = \frac{1}{1,79} = 0,56$ години на 1 лін. м.

Крім норми часу і норми виробітку, треба дати норму витрати електродів.

Дослідами встановлено, що в середньому при ручному зварюванні витрачається на огарки 15% від усього електрода, а на угар і розбризкування—10%, тобто всього 25%. В шво ж переходить тільки в середньому 75% від ваги всіх електродів.

Отже, на 1 кг нагрітого металу в шві треба взяти електродів в $\frac{100}{75} = 1,33$ рази більше, тобто 1,33 кг.

В нашому прикладі зварювальник за годину натопить 2,21 кг металу, отже, він повинен взяти електродів:

$$2,21 \cdot 1,33 = 2,94 \text{ кг} \approx 3 \text{ кг на годину роботи.}$$

Вага електродів різного розміру і число їх в пачці вагою 10 кг при довжині електродів в 400 мм подані в табл. 27.

Діаметр електрода мм	Вага одного електрода г	Вага 100 електродів кг	Число електродів в пачці вагою 10 кг
2	9,8	0,98	1020
3	22,0	2,20	455
4	39,2	3,92	255
5	61,1	6,11	164
6	88,1	8,81	113
7	120,1	12,01	83
8	150,8	15,08	63
10	246	24,6	40

§ 85. Організація робочого місця

Підвищення продуктивності праці зварювальника і його робота стахановськими методами неможливі без правильної організації робочого місця. Щоб зварювальник міг працювати з максимальною продуктивністю, для нього мають бути створені такі умови: 1) забезпеченість роботою в кількості, що дозволяє повністю завантажити робочий день, 2) повідомлені норми на цю роботу, розцінки і строки, 3) вказані технологічний процес зварювання і зварювальний режим, 4) забезпеченість електродами потрібних розмірів і сортів в необхідній кількості, 5) справна зварювальна апаратура і приладдя (кабелі, щитки, електродотримачі, інструмент), 6) відповідний стан заготовки для зварювання, 7) забезпечення допоміжною робочою силою для допоміжних робіт (чищення швів, перевертання виробів і т. д.), 8) нормальні температурні умови і захист від впливу непогоди. Спинимось на деяких з цих умов.

Щоб зварювальник точно знав, які шви і як він повинен варити, на виріб складається так звана інструкційна технологічна карта. В картці, складеній для зварювальних робіт, вказується: ескіз виробу із зазначенням місць розташування швів, нумерація їх, розміри і тип шва, кількість елементів, сорт їх, режим зварювальної роботи (число шарів, сила струму, порядок зварювання і положення зварювання) і інші відомості, потрібні для правильного ведення процесу. В наряді, який видається зварювальнику одночасно з технологічною карткою, проставляються норми і розцінки на ті шви, які вказані в картці.

Технологічні картки треба складати по можливості на всі роботи, хоч на дрібні роботи технологічні картки не складаються і необхідні відомості вносяться в наряд, а також доповнюються усним інструктажем цехового майстра або інструктора.

Після приймання роботи від зварювальника майстер або контролер вносять в наряд дані про фактичну витрату часу, про кількість прийнятих швів, про витрату електродів і роблять оцінку якості (відмінно, добре або посередньо).

Для забезпеченості справним зварювальним приладдям— електродотримачем, кабелем, маскою і ін.—рекомендується видавати їх на книжку зварювальнику під його відповідальність.

Проведений на багатьох заводах цей захід дав дуже добрі результати. Зварювальники, маючи свої електродотримачі і кабель, ставляться до них обережно, своєчасно ремонтують. Після закінчення робіт кабель вішають на дошку з номером під прізвиськом зварювальника і замикають на замок. За схоронність кабелів вище певного строку доцільно ввести преміювання зварювальників.

РОЗДІЛ XV

ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТАХ ПО ДУГОВОМУ ЕЛЕКТРОЗВАРЮВАННЮ

При виконанні робіт по дуговому електрозварюванню здоров'я зварювальника і тих осіб, які працюють біля нього, може зазнати шкоди від таких причин: а) ураження електричним струмом, б) пошкодження очей і опіки обличчя та рук від проміння вольтової дуги, в) пошкодження і опіки від бризок розтопленого металу або від розігрітих предметів, г) захворювання від вдихання пилу і шкідливих газів, які виділяються при зварюванні.

Для запобігання захворюванням і нещасним випадкам при зварювальних роботах вироблені „Правила безпеки при проведенні автогенно-зварювальних робіт із застосуванням електродугового і ацетилено-кисневого зварювання“, введенні постановою НКП СРСР від 9 травня 1933 р. за № 56.

§ 86. Запобіжні заходи проти ураження електричним струмом

Напруги, з якими доводиться мати справу електрозварювальникам, безпосередньо для життя безпечні при нормальних умовах роботи. Але завжди слід пам'ятати, що зварювальний апарат приєднаний до силової сітки з напругою, яка являє вже небезпеку. При несправному зварювальному апараті ця напруга може появитися на електродотримачі, на корпусі зварювального апарата і на зварюваній деталі. Це буває і при псуванні ізоляції обмотки мотора або первинної обмотки трансформатора. В таких випадках при стиканні з металічними частинами машини відчувається удар струму.

Для уникнення небезпечних наслідків треба заземляти кожухи і корпуси зварювальних машин, тобто якунебудь точку корпусу мідним дротом перерізом не менше 6 мм² сполучають із залізною трубою або одинкованим листом, заритими в землю. В цьому випадку струм піде в землю, минуючи тіло людини.

При роботі зварювальним апаратом СТ-2 може бути випадок, коли первинна обмотка електрично сполучиться з вторинною в наслідок псування ізоляції, і напруга силової сітки перейде в зварювальне коло.

Особливу обережність треба виявляти при роботі в котлах, резервуарах, трубах і інших конструкціях, що мають

добре сполучення з землею, бо внаслідок малого опору, струм, який проходить, може досягти небезпечної для життя зварювального величини навіть при напрузі холостого ходу зварювального генератора. Тому при роботі всередині залізних конструкцій, які лежать безпосередньо на землі, або стоять на фундаментах, зварювальник повинен уникати дотику безпосередньо до конструкції і до неізольованих струмоведучих частин зварювального кола.

Найкраще в таких випадках підстилати під себе гумовий лист або надягати гумові калоші.

Взагалі дотикатися голими руками до струмоведучих частин зварювальної установки можна тільки при вимкненому рубильнику.

Якщо зварювальник помітив, що при дотиканні до частин машин, які не знаходяться під струмом, відчувається удар струмом, він повинен негайно заявити про це своєму безпосередньому начальнику і електриковому, щоб це явище було усунуто.

При роботі з осцилятором треба пам'ятати, що вторинна напруга трансформатора осцилятора має величину порядку 2500 в, і хоч потужність апарата невелика (0,4 ват) і струм має високу частоту, що зменшує небезпеку ураження струмом, все-таки треба бути дуже обережним при роботі з осцилятором. Треба пам'ятати, що під час горіння дуги осцилятор безпечніший, ніж при розімкнутій дузі, і не забувати вимкнути коло осцилятора при перервах в роботі.

У випадку ураження електричним струмом треба до приходу лікаря подати потерпілому першу допомогу. Для цього насамперед, не торкаючись потерпілого, треба перервати струм, що проходить через нього, вимкнувши рубильник первинної сітки зварювального апарата або іншим способом. Після цього, якщо потерпілий не подає ознак життя, треба приступити до прийомів штучного дихання і продовжувати їх до приходу лікаря. Потерпілого кладуть на спину так, щоб голова лежала трохи нижче від тіла.

Штучне дихання роблять так. Стають на коліна ззаду голови потерпілого, повернувшись до нього обличчям, беруть обидві руки коло ліктя і повільно тягнуть їх назад за голову, так щоб їх кисті там майже зішлись. В цьому положенні руки треба продержати 2—3 секунди. Потім їх плавно ведуть назад, згинають і притискають лікті потерпілого до боків його грудей. Через 2—3 секунди відводять руки знову за голову і повторюють ці прийоми по можливості рівномірно близько 15 раз на хвилину. Якщо рот стиснутий, то щелепи треба обережно розвести куском дерева, рукояткою кишенькового ножа і ін. Якщо природне дихання не появляється, не треба відмовлятися від спроб оживити потерпілого і робити штучне дихання до приходу лікаря, принаймні протягом двох годин.

Ноги можна розтирати час від часу теплим шматком шерехатої матерії, шерстю або шітками.

Коли до потерпілого повернеться свідомість, треба залишити його в лежачому положенні і наглядати за ним, запобігаючи хвилюванню і різким рухам.

§ 87. Запобіжні заходи проти ураження промінням вольтової дуги

Вольтова дуга висилає видиме світлове проміння і невидиме для ока теплове інфрачервоне і хімічне ультрафіолетове. Короткочасове випадкове попадання світла дуги в очі викликає зразу тимчасове погіршення зору у вигляді появи плям, а через деякий час (5—7 год.) очі починають дуже боліти, в них появляється відчуття насипаного піску, очі червоніють, ідуть сльози. Біль може бути такий сильний, що вночі не дасть можливості заснути. Хвороба ця називається електроофтальмія. Перший запобіжний захід проти захворювання електроофтальмією—уникати дивитися на дугу незахищеним оком ближче 15—20 м від неї.

Щоб уберегти очі від проміння вольтової дуги, користуються спеціальними захисними склами темного кольору. Ці скла випускає у нас в Союзі Ізюмський скляний завод, і носять вони марку ТИС (темне ізюмське скло). Їх випускають чотирьох номерів залежно від густини забарвлення. Найсвітліше забарвлення використовується для окулярів особам, які працюють із зварювальником.

Густину забарвлення захисного скла добирає сам зварювальник залежно від своїх індивідуальних особливостей; примірно вона має бути така, щоб у закритому приміщенні (в цеху, в кімнаті) вдень крізь захисне скло нічого не було видно, крім віконних рам, які виділяються на світлому фоні вікон. Під час зварювання через таке скло добре видно місце зварювання, і вольтова дуга має яскравість, не сильнішу від полум'я свічки. Дуже темне скло погане тим, що не дає можливості бачити місце навколо кратера і саме шво; надто світле скло робить світло дуги дуже яскравим. Із зовнішньої сторони захисне скло прикривають звичайним білим склом для того, щоб уберегти дороге кольорове скло від металічних бризк. Це просте скло треба змінювати в міру його забруднення, інакше крізь забризкані скла буде дуже погано видно.

Скла вставляють в щиток, який служить для захисту шкіри обличчя від шкідливого впливу інфрачервоного і ультрафіолетового проміння, що спричиняють опіки шкіри. Щиток повинен закривати обличчя зварювальника з боків і зверху, щоб в очі не попадало світло від сусідніх дуг.

Шлеми, використовувані в тому випадку, коли у зварювальника обидві руки повинні бути вільні, надягаються за допомогою обруча на голову; вони не повинні близько прилягати до

обличчя зварювальника, щоб від вдихуваного повітря не пітніли скла. Шлеми роблять цілком відкидні або з відкидними склами. Останнім часом запропоновані конструкції таких захисних шлемів, в яких темне скло автоматично включається перед очима зварювальника при запалюванні дуги і автоматично прибирається, дозволяючи зварювальнику не підіймати маску або прибирати щиток при перерві дуги. Великого практичного застосування такі маски покищо не мають.

Для захисту від світла вольтової дуги не тільки зварювальника, а і осіб, які працюють біля нього, треба вживати таких заходів:

1. Місце зварювання має бути обов'язково огорожене переносними фанерними щитками або ширмами; при роботі поза цехом слід, якщо можна, ставити брезентові палатки.

2. У зварювальний цех не слід допускати сторонніх людей; цікавих треба попередити про небезпеку і попросити відійти від місця зварювання, якщо вони не мають щитків.

3. Рекомендується всім робітникам зварювального цеху як зварювальникам, так і особам, що безпосередньо не займаються зварюванням, носити окуляри із спеціальними світлими склами ТИС. Такі окуляри не зменшують доброї видимості навколишньої обстановки і водночас добре уберігають очі від ураження, затримуючи частину ультрафіолетового проміння.

4. Всюди в цехові на видних місцях і на захисних ширмах та завісах повинні бути великі написи примірно такого змісту: „не дивися на полум'я дуги“, „бережи очі від світла дуги“, „дивитися на дугу без захисних окулярів небезпечно“, і мають бути вивішені плакати з техніки безпеки відповідного змісту.

§ 88. Запобіжні заходи проти опіків

Опіки при дуговому зварюванні можуть бути двох видів— від невидимого проміння, яке виділяється дугою, і від крапель та бризок розтопленого металу. Для захисту в першому випадку шкіри обличчя служать щитки, а руки захищаються рукавицями (шкіряними, лосевими або гумовими). Брезентові рукавиці погано захищають, бо вони звичайно дуже швидко прогорають від бризок.

Краплі і бризки металу можуть попасти в кишеню, згортки одягу, за чоботи, пропалити одягу і спричинити опіки. Щоб уберетися від цього, треба мати відповідний спецодяг—брезентову куртку і брюки з полотняного брезенту, при чому кишені у куртки мають обов'язково закриватися клапанами. Вправляти куртку в брюки забороняється. Брюки мають бути довгі, щоб закривали взуття, і носити їх треба навипуск. Взуття треба щільно зашнуровувати, не залишаючи жодних не закритих шкірою місць, щоб туди не попали бризки. Голова має бути прикрита головним убором без козирка, бо він перешкоджає щитку.

При роботі з великою силою струму, коли виділяється багато тепла, слід надягати довгий шкіряний фартух з нагрудником, що прикриває ноги до колін.

§ 89. Інші заходи з техніки безпеки

До числа інших заходів по охороні праці і техніці безпеки робітників зварювальних цехів треба залічити такі: 1) добру вентиляцію, що забезпечує видалення шкідливих газів, які виділяються при зварюванні; 2) забезпечення зручного положення зварювальнику під час роботи; 3) створення сприятливих температурних умов при зварюванні.

Особливо слід відмітити роботи по ремонту зварюванням баків і резервуарів, в яких зберігалися гас, бензин і інші горючі речовини, що спалахують. При виконанні цих робіт треба бути особливо обережним. Заварювати такі баки можна тільки після повного видалення як рідкого пального, так і пари його. В таких випадках найкраще видаляти пару пропарюванням гарячою водяною парою.

При роботі всередині котлів, баків і т. д. треба забезпечити добру вентиляцію. В тих випадках, коли вентиляція недостатня, роботу всередині бака треба доручати тільки досвідченому зварювальнику і ставити підручного зовні для негайного вимкнення струму за першим знаком зварювальника, а також для допомоги на випадок, коли зварювальник втратить свідомість.

РОЗДІЛ XVI

КОНТАКТНЕ ЗВАРЮВАННЯ

§ 90. Фізичні основи контактного зварювання

Загальні відомості. При проходженні електричного струму по провіднику в ньому виділяється тепло — провідник нагрівається. При великій силі струму провідник може розжаритися і навіть розтопитися. Кількість виділеного в провіднику тепла при проходженні по ньому електричного струму, згідно з законом Джоуля-Ленца, буде

$$Q = 0,24 \cdot I^2 R t,$$

де Q — кількість тепла в малих калоріях, I — сила струму в амперах, R — опір провідника в омах, t — час у секундах.

З цієї формули випливає, що при збільшенні сили струму в провіднику, наприклад вдвоє, виділення тепла зростає в чотири рази, тобто пропорційно квадратові сили струму. При збільшенні опору провідника кількість тепла, що виділяється, збільшується в стільки ж раз, у скільки збільшується опір. Крім того, чим більше часу провідник знаходиться під струмом, тим більша кількість тепла виділяється в провіднику. Нагрів

провідника не залежить від його довжини, бо в скільки раз збільшиться довжина провідника, в стільки ж раз збільшиться і його поверхня охолодження.

Нагрів провідника залежить від густини струму, при чому густиною струму називається кількість ампер, яка припадає на 1 мм^2 площі поперечного перерізу провідника. При одній і тій же силі струму із зменшенням перерізу провідника густина струму зростає, і, навпаки, із збільшенням перерізу провідника — зменшується. Наприклад, якщо по провіднику з площею поперечного перерізу 100 мм^2 проходитьиме струм силою 500 а , то густина струму в цьому провіднику буде: $500 : 100 = 5 \text{ а/мм}^2$. При цій густині струму провідник слабо нагріватиметься. Якщо цей самий струм пропустити через провідник меншого перерізу, наприклад 10 мм^2 , то густина струму в цьому провіднику буде $500 : 10 = 50 \text{ а/мм}^2$. При такій густині струму провідник настільки нагріється, що почне топитися.

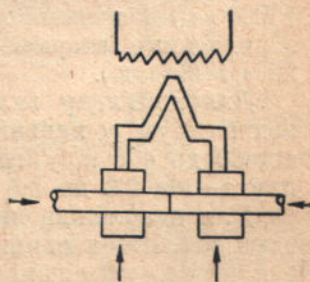
Різні метали мають неоднакові питомі опори: чорні метали — чавун, залізо і сталь, які мають більший питомий опір, чинять (при однакових розмірах) більший опір проходженню струму, ніж кольорові метали, як мідь, латунь. Тому виділення тепла в чорних металах буде більше, ніж в кольорових, після проходження струму однакової сили.

При нагріванні провідника електричним струмом частина тепла, що в ньому виділяється, втрачається в навколишнє середовище.

Принцип контактного зварювання. Якщо в коло, яке знаходиться під струмом, ввести провідник малого перерізу, він матиме більший опір порівняно з усім колом і нагріється дужче, ніж решта кола. Якщо провідник значно тонший, ніж всі інші провідники кола, то нагрів може досягти такої величини, що провідник розтопиться.

Цей принцип концентрації тепла в місці більшого опору електричного кола використовується при зварюванні металу в машинах для електричного контактного зварювання.

На фіг. 105 подана схема машини для стикового зварювання. Два стрижні можна зварити встик так. Кінці вторинної обмотки трансформатора приєднані до затискного пристрою — до губок машини. В затисках установлюються металічні деталі, які мають зварювати. Деталі спеціальними пристроями притискуються до губок і торцевими частинами одна до одної. Через зварювані деталі, затиснуті в мідні губки і сполучені впритул, пропускається великої сили струм густиною порядку $20\text{--}25 \text{ а/мм}^2$. При проходженні струму в стикові двох деталей відбуватиметься підсилене виділення тепла, бо найбільший опір в колі



Фіг. 105. Схема машини для стикового зварювання

становитиме перехідний контакт між деталями. Кінці залізних стрижнів нагріються до зварювального жару, в наслідок чого метал розм'якшиться. Якщо нагріті кінці стиснути, то вони з'єднаються в одне ціле, тобто зваряться. Після охолодження ми матимемо щільне сполучення, яке після обробки важко відірвати за зовнішнім виглядом від цілого місця, а своєю міцністю воно не поступатиметься перед цілим металом.

Основні принципи будови зварювальних машин для контактного зварювання. Для контактного зварювання практично використовується виключно змінний струм з таких причин. Для нагріву зварювальних деталей до потрібної температури байдуже, який струм використати для цієї мети—постійний чи змінний. Зважаючи на те, що для зварювання потрібні низька напруга і велика сила струму, спеціальний генератор постійного струму для цієї мети був би дорогий і складний у виготовленні.

Велику силу зварювального струму і низьку напругу легко можна дістати однофазним трансформатором, конструкція якого трохи відрізняється від звичайного освітлювального або силового трансформатора. Простота конструкції і низька вартість зварювального трансформатора дає колосальну перевагу перед зварювальним генератором постійного струму.

Зварювальний трансформатор, використовуваний при контактному зварюванні, служить для перетворення струму і напруги, які є в заводській сітці, на струм і напругу, потрібні для зварювання.

Щоб нагріти зварювану деталь до потрібної температури, треба до неї підвести струм великої сили (в деяких потужних закордонних машинах сила зварювального струму досягає 100000 *a*) і низької напруги 1—12 *v* (в спеціальних машинах з виносними зварювальними кліщами вторинна напруга буває 20 *v* і більше).

Для прикладу вкажемо, що в машині АТН-25 при зварюванні струм у первинній обмотці трансформатора коливається від 60 до 400 *a*, у вторинній обмотці від 5000 до 16000 *a* і напруга—від 2,3 до 5,4 *v*.

Для одержання низької напруги вторинне коло трансформатора роблять з одного витка (і в рідких випадках беруть два три витки, увімкнені послідовно).

Регулювання вторинних напруг здійснюється за допомогою перемикача ступенів, увімкненого послідовно в первинну обмотку трансформатора.

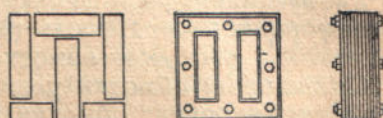
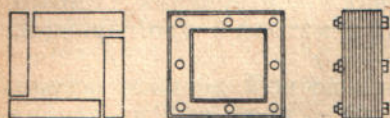
§ 91. Будова трансформатора для контактного зварювання

Загальні відомості. Магнітопровід зварювального трансформатора служить остовом для первинної і вторинної обмоток, провідником і згущувачем магнітного потоку.

Магнітопровід виготовляють так, щоб він чинив найменший опір магнітному потокові, тому при складанні осердя з окремих

листів заліза стараються зробити так, щоб листи прилягали впритул один до одного, тобто з найменшим повітряним зазором, бо повітря чинить великий опір магнітному потокові. Чим більший переріз осердя магнітопровода, тим менший опір чинить він магнітному потокові, і, навпаки, чим менший переріз осердя магнітопровода, тим більший опір зустрічає магнітний потік.

Звичайно магнітопровід складають з окремих листів заліза товщиною 0,35—0,5 мм. Щоб зменшити втрати на струми Фуко, листи з одного боку обклеюють тонким шаром цигаркового паперу або покривають тонким шаром лаку.

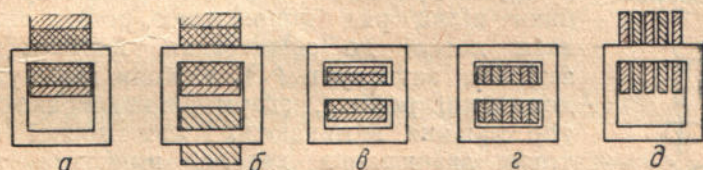


Фіг. 106. Магнітопровід стрижневого типу

Фіг. 107. Магнітопровід броньового типу

У зварювальних трансформаторах найбільш поширені два типи магнітопроводів: перший тип з простим замкнутим колом (фіг. 106) (стрижневий) і другий тип з розгалуженим магнітним колом (броньовий) (фіг. 107).

Первинна обмотка зварювального трансформатора складається з однієї або кількох котушок, увімкнених між собою послідовно. За конструктивним виконанням котушки бувають циліндричні і дискові (фіг. 108). Кожна котушка складається



Фіг. 108. Ескізи броньових і стрижневих трансформаторів з циліндричними і дисковими обмотками

з кількох витків, а виток—з однієї або кількох мідних полос. Деякі трансформатори мають первинну обмотку, намотану з круглого мідного ізолюваного дроту. Витки обмоток поділяються на секції, з яких робляться відпайки до секційного перемикача, в наслідок чого можна регулювати вторинну напругу, а значить, і потужність, яка потрібна для зварювання.

При намотуванні котушок витки між собою ізолюють, потім всю котушку обмотують кіперною стрічкою, просочують спеціальним лаком і сушать.

Вторинна обмотка зварювального трансформатора складається з одного або кількох витків, увімкнених між собою паралельно (і в рідких випадках у спеціальних машинах для одер-

жання підвищеної напруги два або три вторинні витки сполучають між собою послідовно). З огляду на малі напруги і великі сили струмів у вторинному колі витки виготовляють з матеріалу великого перерізу. Вторинні витки роблять з алюмінію або латуні або вирізають з товстопрокатної міді. У невеликих трансформаторах часто вторинні витки набирають з широких мідних тонких полос.

У трансформаторах великої потужності вторинні литі витки мають всередині влиті латунні або сталеві трубки, по яких проходить холодна вода для охолодження.

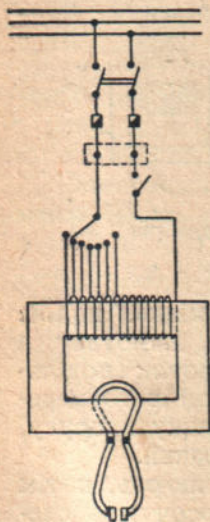
За взаємним розміщенням первинних і вторинних обмоток трансформатори поділяють на трансформатори з циліндричною обмоткою і дисковою обмоткою.

Циліндричні обмотки розміщуються по всій довжині осердя. Первинна і вторинна обмотки можуть бути розміщені на одному стрижні, одна під другою (фіг. 108 а), або на двох стрижнях—первинна обмотка на обох стрижнях, а вторинна тільки на одному стрижні (фіг. 108 б).

Дискові обмотки складаються з окремих плоских котушок. Котушки первинної і вторинної обмоток накладаються на осердя почерезно (фіг. 108 г і д).

На фіг. 108 а, б і д—трансформатори стрижневого типу, на фіг. 108 в і г—трансформатори броньового типу.

§ 92. Режим роботи машин для контактного зварювання



Фіг. 109. Регулювання режиму роботи трансформаторів для контактної зварювання

Щоб провести зварювання, треба проробити цілий ряд допоміжних робіт; підготувати деталі до зварювання, вкласти їх у затиски, затиснути і т. д. Коли виконуються допоміжні роботи, зварювальний трансформатор машини вмикають. Після повної підготовки зварюваних деталей вмикають трансформатор і провадять зварювання; після зварювання трансформатор знову вмикають. Таким чином зварювальні машини працюють переривчастим режимом (тобто за якийсь проміжок часу машину то вмикають, то вмикають).

Для зварювання різних щодо товщини матеріалів потрібна різна потужність, тому для одержання потрібної потужності від однієї і тієї ж машини треба провадити регулювання первинної обмотки зварювального трансформатора перемикачем ступенів (фіг. 109).

Коли повзун або вилка перемикача ступенів установлена на перший ступінь, тобто число первинних витків трансформатора увімкнено повністю, машина даватиме мінімальну потужність; навпаки, коли повзун або вилка

перемикача ступенів установлена на останній ступінь, тобто число первинних витків трансформатора увімкнено мінімальне, машина даватиме максимальну потужність.

Крім знання меж регулювання потужності, треба ще знати, яку потужність можна знімати з трансформатора. Якщо для виконання допоміжних робіт при зварюванні великих деталей буде потрібний дуже незначний час, то обмотка трансформатора не встигатиме охолоджуватися до нормальної температури, тобто тепло скупчуватиметься в обмотках, нагрів може досягти значної величини і може спричинити попсування.

Щоб запобігти перепалові трансформатора, треба знати, яку потужність і при якому режимі можна знімати з трансформатора.

Звичайно в існуючих каталогах і довідниках по контактних машинах даються дві потужності—тривала потужність і потужність при повторно-короткочасовій роботі. Тривалою вважається така потужність, при якій трансформатор знаходиться під струмом тривалий час і обмотки його не перегріваються вище 60° порівняно з температурою навколишнього повітря.

Потужність при повторно-короткочасовій роботі розрізняють залежно від часу вмикання машини. Наприклад, якщо для установлення деталей допоміжний час (коли трансформатор вимкнений) потрібний в 10 сек. і час зварювання теж 10 сек., це значить, що робота на машині ведеться переривчастим режимом 50%, тобто машина 50% часу увімкнена і 50% часу вимкнена.

Повторно-короткочасову роботу машини (скорочено ПКР) виражають в процентах; вона являє собою відношення часу знаходження трансформатора під струмом за кожний цикл роботи до повного часу одного цикла зварювання:

$$\text{ПКР}\% = \frac{t_a \cdot 100}{t_a + t_0},$$

де t_a —час знаходження трансформатора під струмом,
 t_0 —допоміжний час.

Приклад. Час перебування трансформатора під струмом $t_a=5$ сек., час підготовки до зварювання $t_0=35$ сек. Переривчастий повторно-короткочасовий режим буде:

$$\text{ПКР} = \frac{t_a \cdot 100}{t_a + t_0} = \frac{5 \cdot 100}{5 + 35} = 12,5\%.$$

Якщо навантаження трансформатора для одного режиму не перевищує нормального, обмотки зварювального трансформатора весь час будуть то підігріватися під час зварювання, то охолоджуватися за час паузи.

При виборі режиму, який відповідає якомуньбудь навантаженню, треба мати на увазі, що час вмикання за кожний цикл зварювання не повинен перевищувати 5 хвил., тобто $t_a + t_0 \leq 5$ хвил.

§ 93. Машини для контактного електричного зварювання

Загальні відомості. Машини для контактного електричного зварювання надзвичайно різноманітні як потужністю, так і конструктивним оформленням і їх призначенням. За останні

роки стали широко використовувати машини з пневматичною і гідравлічною подачею, з моторним приводом, із складним регулюванням скоростей і з повною автоматизацією робіт.

Завод „Електрик“ випускає машини для таких видів і способів контактного зварювання:

- | | |
|------------------------------|---|
| а) для стикового зварювання | { 1) опором,
2) переривчастим і неперервним обтопленням, |
| б) для точкового зварювання | |
| в) для шовного зварювання | { 1) автоматичного
2) неавтоматичного |
| г) для рельєфного зварювання | |

Основні міркування при виборі машин для контактного зварювання

Вибір потужності машини. При виборі машини доводиться виходити, з одного боку, з потрібної продуктивності машини, з другого, — з електричних ресурсів даного заводу. При зварюванні на потужних машинах продуктивність зростає, але нерівномірне і поштовхоподібне навантаження фаз негативно впливає на нормальне живлення струмом всього підприємства. Тому у випадках особливого завантаження машину вигідніше вибрати меншої потужності. При масовому або поточному виробництві треба вибрати машину максимальної потужності.

В табл. 28, 29 і 30 подані необхідні потужності машин залежно від умов завантаження машин і перерізу зварюваних виробів.

Таблиця 28

Середні дані для стикового зварювання круглого заліза на нормальних машинах заводу „Електрик“

Зварювані перерізи круглого заліза мм ²	Середня потужність, споживана з сітки при нормальній середній роботі <i>квг</i>	Середня потужність, споживана з сітки при масовій роботі підсиленої продуктивності <i>квг</i>
10	1	1,4
20	2	3,5
50	3,5	6
60	4,5	7,8
80	5,5	12
100	6,5	15
250	11,5	25
400	16	45
800	30	100
1200	40	220
1600	60	—
2000	75	—
2500	100	—

Вибір машин залежно від виробів. Вибір машин залежно від виробів для роликowego або точкового зварювання полягає в перевірці відповідальності розмірів вилітів, робочого ходу і розтворів електродів до розмірів виробів; при цьому при зварюванні виробів із значними магнітними масами, що входять в контур виліту, індуктивний опір значно збільшується, що в сильній мірі впливає як на швидкість зварювання, так і на потужність машини.

Таблиця 29

Середні дані для точкового зварювання чистих листів заліза на нормальних машинних заводу „Електрик“

Сумарна товщина листів заліза <i>мм</i>	Нормальна середня робота		Масова робота підвищеної продуктивності		Остаточний тиск електродів при вимкненні струму <i>кг</i>	Діаметри контактних поверхонь наконечників електродів <i>мм</i>
	Середня потужність, споживана при зварюванні <i>кВА</i>	Приблизний час проходження струму при зварюванні в секундах	Середня потужність, споживана із сітки при зварюванні <i>кВА</i>	Приблизний час проходження струму при зварюванні в секундах		
0,3	3	0,15	4,5	0,1	—	3
0,6	4	0,3	8	0,15	14	3
1	4,2	0,5	10	0,2	18	4
2	5,5	1	20	0,25	36	5
3	7	1,5	35	0,3	54	5
4	8	2	45	0,35	72	7
5	—	—	—	—	90	8
6	11	3	50	0,4	108	8
7	—	—	—	—	126	9
8	14	4	75	0,4	144	10
9	—	—	—	—	172	10
10	18	5	100	0,4	180	10
11	—	—	—	—	198	11
12	21	6	—	—	216	12
13	—	—	—	—	234	13
14	—	—	—	—	252	13
15	—	—	—	—	270	14
16	35	8	—	—	288	14
17	—	—	—	—	306	16
18	—	—	—	—	324	16
19	—	—	—	—	342	16
20	50	10	—	—	360	16

Таблиця 30

Середні дані для шовного зварювання чистих листів заліза на нормальних машинах заводу „Електрик“

Сумарна товщина заліза <i>мм</i>	Середня потужність, споживана із сітки при нормальній середній роботі, <i>кВА</i>	Середня потужність, споживана із сітки при масовій роботі підвищеної продуктивності, <i>кВА</i>	Ширині контактної поверхні ролика <i>мм</i>
0,3	2,5	6	8
0,5	3,0	8	8
1	3,5	12	8
2	4,5	18	8
3	5,5	22	8
4	7,5	45	8
6	10	45	8

Примітка. При роботі з переривачем при тих же скоростях вимагаються потужності приблизно в два рази більші.

При виборі машин для стикового зварювання треба звертати велику увагу на затиски. Щільна пригонка затисків до виробу дає можливість запобігти виділенню тепла в електродах. Якщо зварів являє собою зажаті контури (обіддя, ланцюги і ін.), то струм розгалужується і нагріває не тільки місце зварювання, а і протилежну частину. В таких випадках витрата енергії більша на 40—45%, ніж при зварюванні деталей з розімкнутими контурами.

Позначення машин. Завод „Електрик“ розробив і ввів систему умовних позначень типів і потужностей машин, яка полягає в тому, що буквами позначають тип машини, а цифрами, які йдуть за буквеним позначенням, вказують приблизну потужність машини, наприклад: А—апарат, Т—точковий, С—стиківий, Ш—шовний, Н—нормальний. Машина типу АТН-25 розшифровується так: „апарат (машина) для точкового зварення потужністю приблизно в 25 *кВА* нормальний“.

Допоміжні пристрої контактних електрозварювальних машин. На фіг. 109 подана принципіальна схема зварювальної машини.

Запобіжники. На випадок коротких замикань у зварювальних трансформаторах або перевантажень, які перевищують допустимі потужності, встановлюються спеціальні автоматичні вимикачі або запобіжники з топкими вставками, що уберігають зовнішню сітку, в яку увімкнена машина. Топкі запобіжники вибирають залежно від струму повторно-короткочасової роботи, при чому вони повинні витримувати навантаження, що дорівнює 1,6 нормального струму, і не розтоплюватися протягом години.

Борнова коробка. Для приєднання первинної обмотки зварювального трансформатора до зовнішнього кола служить борнова коробка, затискі гвинти і контактні прохідні болти якої вибирають залежно від струму тривалої потужності.

Перемикач ступенів. Для регулювання потужності контактна машина має перемикач ступенів, що регулює вмикання первинних витків зварювального трансформатора. Перемикання із ступеня на ступінь здійснюється при вимкненій машині. Перемикачі виготовляють штепсельні, ковзні, перемикачі рубаючі і у вигляді перемичок, добре затягнутих болтами.

Вимикачі. Вимикачі (або контактори) служать для вмикання і вимикання первинної обмотки зварювального трансформатора при кожному циклі зварювання. Умови роботи вимикача досить важкі, тому вибирають їх по номінальній повторно-короткочасовій потужності і по числу циклів роботи за годину.

§ 94. Машини для стикового зварювання

Загальні відомості. Найширшого застосування набули машини для стикового зварювання, на яких провадять зварювання як чорних металів (залізо, різні сорти сталі), так і кольорових металів (алюміній, латунь, мідь і ін.).

На стикових машинах можна зварювати дріт, стрижні різних форм, труби, кільця, ланки і ін.

Стикове зварювання можна вести такими способами: 1) стикове зварювання методом опору на машинах з ручною і пружинною подачею, 2) стикове зварювання переривчастим обтопленням на машинах з ручною подачею і неперервним обтопленням на машинах з електромоторною подачею.

Стикові машини мають такі основні механічні частини: а) станини з напрямними та рухомими і нерухомими плитами, б) затискні пристрої, в) подавальні пристрої.

Станини бувають дуже різноманітні. Конструкції станин, які найчастіше зустрічаються,—з горизонтальним і похилим столом під кутом 45° , рідше зустрічаються станини з вертикальною стінкою, на якій кріпляться затискні пристрої. Станини виготовляють вилитими з чавуну, немагнітної сталі, бронзи, алюмінію, а також зварні. У верхній частині станини укріплюють напрямні і рухомі та нерухомі плити.

Затискні пристрої. Затискні пристрої притискують зварювані деталі до нижнього електрода (губок) для створення доброго контакту і сили тертя, щоб зварювана деталь затримувалася від проковзування при усадці. За конструктивним оформленням затискні пристрої бувають найрізноманітніші: важільні, ексцентриккові, пружинні, гвинтові і ін. Приводяться в рух вони від руки, гідравлічним способом, пневматичним і електродвигунами.

Подавальні пристрої. Подавальні пристрої в стикових машинах щодо їх конструкції розрізняють за методами стикового зварювання, які були вказані вище: опором, переривчастим і неперервним обтопленням.

При зварюванні методом опору зварювані деталі стискають кінцями, після чого по них пропускають струм. Стиснення підтримується безперервно до кінця зварювання, при чому після закінчення зварювання спочатку вимикають струм, а потім відпускають затискні пристрої. Найбільш поширені подавальні механізми—ручні, пружинні, тягареві, гідравлічні і моторні.

Зварювання методом переривчастого обтоплення здійснюється на машинах з подавальними пристроями, які дозволяють на початку розігріву кінців зварюваних деталей то приводити їх до стикання, то розводити. Тому що деталі до стикання в торець перебувають під напругою і в момент їх стикання створюється поганий контакт (великий опір), то появляється іскріння, і кінці деталей починають розігріватися і обтоплюватися.

Як тільки відбудеться достатнє обтоплення, подавальний механізм подає вже тільки в одну сторону, і після певного обтоплення та нагріву одночасно з вимиканням струму робиться різке осадження і остаточне стиснення.

Зварювання методом переривчастого обтоплення здійснюється на машинах з механізмом неперервної подачі тільки в одну сторону, при чому подача відбувається після початку іскроутворення із швидкістю, яка все зростає, зберігаючи весь час стан нещільного контакту.

У потрібний момент механізм осадження здійснює різке осадження, до закінчення якого струм автоматично вимикається.

Для зварювання методом переривчастого обтоплення використовуються подавальні механізми ручні, гідравлічні і ручні в комбінації з остаточним стисненням за допомогою електродвигуна.

Для зварювання методом неперервного обтоплення використовуються подавальні механізми ручні, гідравлічні і моторні.

§ 95. Типи стикових машин

Завод „Електрик“ випускає ряд різних типів машин для стикового зварювання, які в основному відмінні своєю потужністю. Нижче ми даємо опис окремих найбільш вживаних типів машин.

Настільні стикові машини малої потужності типів АС-0,5 і АСН-3 набули широкого застосування при зварюванні встик різних дрібних деталей, особливо з кольорових металів, зварювання яких вручну майже неможливе. Машини мають ручні затискні швидкодіючі ексцентрикові пристрої, подавальні пристрої для переміщення стола з пружинними механізмами, вмикаючі кнопкові пристрої для вмикання і вимикання струму, однофазні трансформатори з чотирма ступенями регулювання.

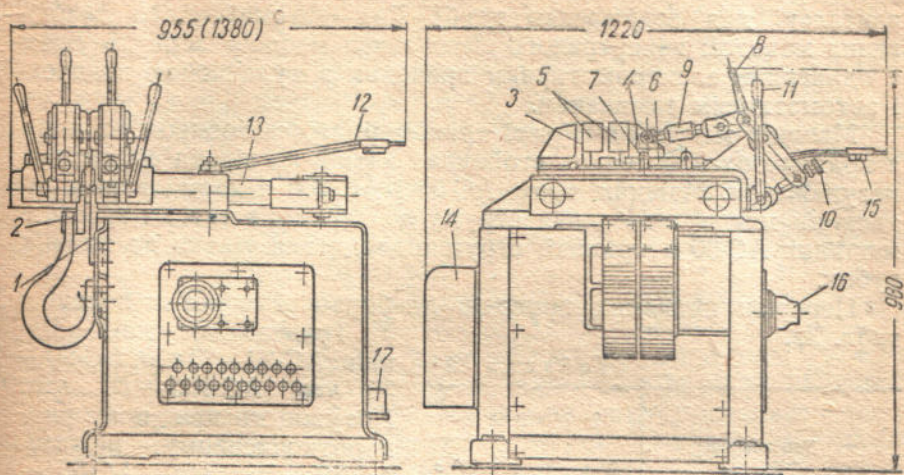
Зварювання відбувається автоматично з миттєвим вимиканням і удержкою. Стиснення зварюваних деталей здійснюється пружинним механізмом, заздалегідь відрегульованим. Тривала потужність АС-0,5—0,5 *кВА*, АСН-3—2,6 *кВА*. Потужність при повторно-короткочасовому режимі відповідно—1,4 і 7,3 *кВА*. Максимальний переріз при роботі з перервами АС-0,5—15 *мм²*, АСН-3—100 *мм²* (дані заводу „Електрик“).

Стикова машина типу АСН-25—універсальний тип малопотужної стикової машини; використовується для зварювання методом обтоплення деталей дрібносерійного виробництва (стрижнів круглих, фасонних, профільних, зварювання труб, інструмента і ін.).

Для зварювання безперервним обтопленням деталей плоских невеликих перерізів і деталей із замкнутими контурами машину виконують з моторним приводом.

На фіг. 110 дано ескіз з розмірами стикової машини типу АСН-25. Всередині чавунного корпусу установлений зварювальний трансформатор з сьома ступенями регулювання стрижневого типу. Вторинний виток трансформатора набраний з мідних гнучких стрічок. Один кінець вторинного витка приєднаний до нерухомих латунних полозків 1, а другий—до рухомих полозків 2. Затискні губки 5 закріплені за допомогою латунних косинців 3 і 4 до латунних полозків 1 і 2. Косинець 3 установлений на полозках нерухомо, а косинець 4 може ковзати по напрямних 6.

Для грубого установлення губок переміщують косинець 4 рукояткою 8. Гвинт 7 служить для створення певного затиску в напрямних. Пристроєм 9 регулюється установлення затискних губок. При незначній зміні розмірів зварюваних деталей регулювання затискних губок здійснюється обертанням головки 10. Важіль 11 служить для остаточного затиснення зварюваної деталі. Подавальний пристрій за допомогою важеля 12 здавлює зварювані деталі, при чому при здавлюванні переміщуються



Фіг. 110. Стикova машина типу АСН-25

круглі напрямні 13 разом з полозками 2. На важелі 12 закріплена кнопка 15, якою вмикається котушка контактора 14, а останній замикає первинне коло трансформатора. Регулювання потужності машини здійснюється штепсельним перемикачем 16.

Борнова коробка 17 служить для приєднання машини до сітки. В табл. 31 дано перерізи підвідних проводів до борнової коробки.

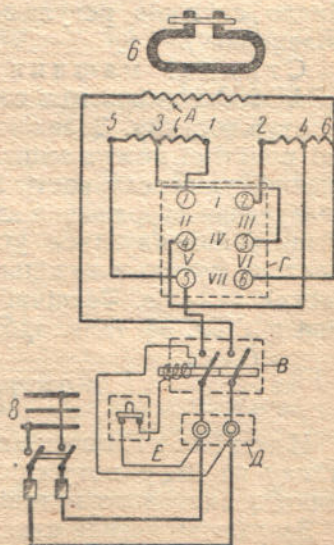
Таблиця 31

Напруга сітки, в	220	380	500
Переріз, мм ²	50	25	16

Тривала потужність машини — 16,5 ква. Потужність при повторно-короткочасовому режимі — 45 ква. Максимальні зварювані перерізи при роботі з перервами — 800 мм² (дані заводу „Електрик“).

На фіг. 111 подана електрична схема машини АСН-25.

Стикові машини типів АС-30, АС-50, АС-100 в нормальному виконанні мають ручний важільний швидкодіючий ексцентриковий затиск з радіальним ходом верхніх губок. На вимогу машини постачаються з різними затисками залежно від використання (пневматичні, прямолінійно-вертикальні для зварювання різної форми стрижнів, ручні гори-



Фіг. 111. Електрична схема машини АСН-25

А—первинна обмотка трансформатора; Б—вторинне коло; В—контактор; Г—штепсельний перемикач; Д—коробка борнова; Е—кнопка; І, ІІ, ІІІ, ІV, V, VI, VII—ступені напруги

зонтальні для зварювання труб). Для автоматичного зварювання методом неперервного обтоплення машини можуть бути з одинарним електромоторним приводом з кулачковою подачею і автоматичним вимикачем.

Машини мають однофазні трансформатори броньового типу з водяним охолодженням вторинних витків і з вісьма ступенями регулювання. Машини типу АС-50 і АС-100 з нормальними затисками мають підведення струму до верхніх і нижніх губок, у машинах АС-30 вторинний струм підводиться тільки до нижніх губок.

Перерізи підвідних проводів до борнової коробки подані в табл. 32.

Таблиця 32

Тип машини	При напрузі в сітці		
	220 в	380 в	500 в
АС-30	35	16	16
АС-50	70	35	25
АС-100	2×95	95	70

Тривала потужність машин: АС-30—20 *кВА*, АС-50—35 *кВА*, АС-100—80 *кВА*. Потужність при повторно-короткочасовому режимі: АС-30—56 *кВА*, АС-50—98 *кВА*, АС-100—224 *кВА*. Максимальні зварювані перерізи при роботі з перервами: АС-30—800 *мм*², АС-50—1200 *мм*², АС-100—2400 *мм*².

Число ступенів регулювання в цих машинах 8 (дані заводу „Електрик“).

Стикові машини типів АСА-30, АС-60, АСА-100 і АСАГ-250 відмінні між собою деякими конструктивними змінами і потужностями. Залежно від форми зварюваних деталей затискні пристрої можна змінювати, завдяки чому машини набувають значної універсальності. В усіх типах машин для усунення проковзування зварюваних деталей між губками в процесі зварювання рекомендується установлювати упори. Осадження здійснюється ручними важільними механізмами через систему колінчастих важелів. Технічні характеристики вказаних машин наведені в табл. 34 (див. табл. 34 на стор. 224—225).

§ 96. Типи точкових машин

Настільні точкові машини типів АТ-0,5 і АТ-3 з огляду на малу потужність використовуються для зварювання тонкого листового матеріалу і дроту внапустку.

Зварювані деталі стискаються педальним механізмом, який регулюється за допомогою пружини. Рух електродів радіальний. Струм у машині типу АТ-0,5 вмикається після стиснення деталей миттєвим механічним вимикачем, який дає можливість здійснювати остаточне стиснення після вимкнення струму.

Машина типу АТ-3 миттєвого вимикача не має. Струм вмикається після створення певного тиску вимикачем з контактами, які регулюються.

Машини мають однофазні трансформатори броньового типу з чотирма ступенями регулювання. Магнітопроводи трансформаторів є ніби корпуси машин, на яких укріплені всі механічні частини.

Тривала потужність машин АТ-0,5—0,5 *ква*, АТ-3—2,6 *ква*. Потужність при повторно-короткочасовому режимі—відповідно дорівнює 1,4 *ква* і 5,4 *ква*. Найбільша сумарна товщина зварюваного металу (сталі) при роботі з перервами для машини АТ-0,5—1 *мм*, для АТ-3—3 *мм* (дані заводу „Електрик“).

Точкові машини типів АТН-8 і АТН-16 будовою і принципом дії цілком однакові. Різниця полягає в розмірах деталей і потужності трансформаторів.

Машини використовуються для зварювання різних деталей з листового, полосового фасонного заліза і дроту внапустку. Рух верхніх електродів—радіальний. Вмикання машин—педальне. Тиск на зварювану деталь регулюється за допомогою пружини. Машини мають миттєвий механічний вимикач, який дозволяє виконувати зварювання як миттєве, так і з видержкою часу. Струм вмикається після створення певного тиску на зварювану деталь.

В машині є однофазні трансформатори стрижневих типів з вісьма ступенями регулювання. Вторинні витки набрані з тонкої полосової міді (фольги).

Машини можна виконувати з одинарними електромоторними приводами і автоматичним вимикачем.

В табл. 33 наведені перерізи мідних дротів для приєднання машин до сітки (в *мм*).

Тривала потужність машини АТН-8—7,2 *ква*, потужність при повторно-короткочасовому режимі—13 *ква*. Найбільша сумарна товщина зварюваного металу при роботі з перервами 6 *мм*; для машини АТН-16 ці величини відповідно дорівнюють 13,5 *ква*, 22 *ква* і 10 *мм* (дані заводу „Електрик“).

Тип машини	При напрузі в сітці			
	120 в	220 в	380 в	500 в
АТН-8	25	10	10	6
АТН-16	—	16	10	10

Автоматичні точкові машини типу АТН-25 і АТ-50 відмінні від описаних типів машин тим, що вся робота на них повністю автоматизована і електроди мають не радіальне переміщення, а паралельно-вертикальне.

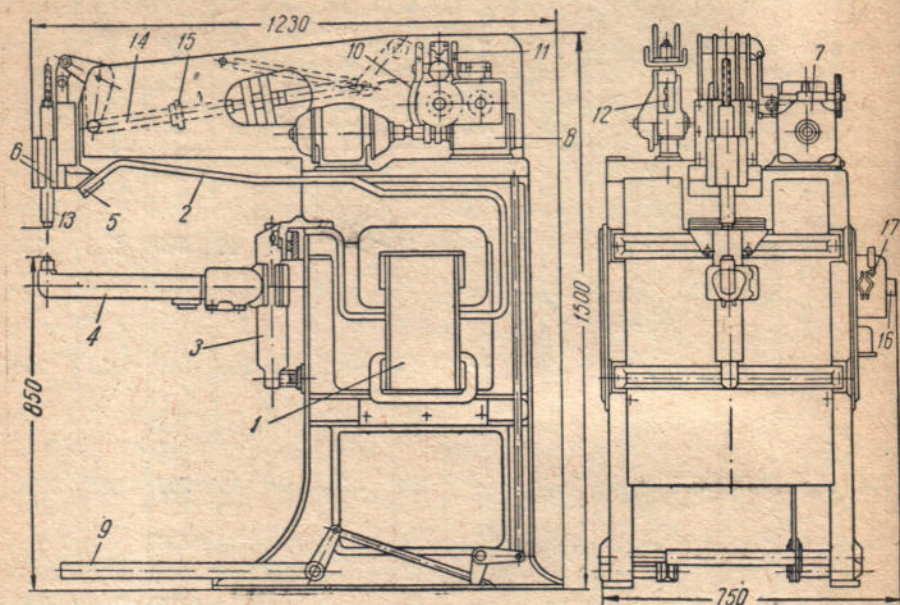
Машини використовуються для зварювання серійних виробів і деталей масового виробництва. При зварюванні великих товщин зварювання можна вести і не автоматично, даючи яку завгодно видержку часу.

Машини мають педалі, які служать для вмикання муфт, що зчеплюються. Затиск зварюваних деталей, вмикання струму, видержування під струмом і розведення електродів після зварювання відбуваються автоматично.

Тип	Первинна напруга ϵ	Тривала потужність kva	Повторно-короткочасовий режим					Максимальні зварювані періоди при роботі в перервах м.м^2	Число ступенів регулювання сили зварювального струму	Напруга коло по сту		
			ПКР $\%$	Потужність kva	Неперервна робота		1			2	3	
					Зварюваний перерв м.м^2	Число зварювань за 1 год.						
АС-0,5	120	0,5	12,5	1,4	10	100	15	4	1,35	1,52	1,74	
	220											
	380											
АСН-3	120	2,6	12,5	7,3	60	100	100	4	1,16	1,3	1,49	
	220											
	380											
АСН-25	2,0	16,5	12,5	45	400	60	800	7	2,5	2,7	3,0	
	380											
	500											
АС-30	220	20	12,5	56	400	30-40	800	8	2,5	2,7	3,0	
	380											
	500											
АС-50	220	35	12,5	98	800	20-30	1200	8	4,0	4,3	4,6	
	380											
	500											
АС 100	220	80	12,5	224	1600	20-30	2400	8	7,0	7,5	8,0	
	380											
	500											
АС-75	220	40	10	120	2400	10-15	4000	7	3,9	4,3	4,9	
	380											
	500											
АСА-0	380	10	12,5	30	240	30-40	400	8	2,4	2,53	2,69	
АСА-60	380	20	12,5	60	400	30-40	800	8	3,87	4,12	4,41	
АСА-100	380	35	20	100	800	20-30	1200	8	4,22	4,47	4,80	
АСА-250	380	80	20	250	1600	20-30	2400	4	6,08	6,90	8,25	
АСАГ-250	380	80	20	250	1600	20-30	2400	4	6,03	6,90	8,25	

СТОГО ХОДУ В ВОЛЬТАХ ПЕНЯХ					Висота охолоджувальності води м/год.	Найбільша віддаль між платівками мм	Хід подачі мм	Нормальні затиски	Хід затисків мм	Вага машини кг	Габарити		
4	5	6	7	8							Висота мм	Ширина мм	Глибина мм
2,02	—	—	—	—	Без голялого сколод-ження	—	15	—	8	40	390	295	190
1,74	—	—	—	—	Без голялого сколод-ження	—	25	—	15	100	610	354	260
3,4	3,9	4,6	5,5	—	400	—	100	—	60	665	980	955	1220
3,4	3,9	4,6	5,5	6,0	400	—	60	—	—	670	1175	700	1296
5,1	5,5	6,1	6,6	7,0	600	—	70	—	—	1800	1115	1325	1524
8,8	9,5	10,2	11,5	12,6	1000	—	90	—	—	3000	1350	2130	1830
5,4	6,0	6,6	7,5	—	900	—	175	—	240	3500	1880	1825	1850
2,87	3,06	3,27	3,55	3,87	200	52	25	—	—	—	1175	1296	874
4,81	5,28	5,75	6,38	7,16	200	52	25	—	—	—	1175	1296	874
5,20	5,59	6,02	6,67	7,45	600	75	30	—	—	—	1128	1330	686
10,0	—	—	—	—	1000	105	60	—	—	—	1030	3100	914
10,0	—	—	—	—	1000	105	60	—	—	—	1200	3100	1000

На фіг. 112 дано ескіз точкової машини АТН-25 з розмірами. В корпус машини всередині вміщений однофазний трансформатор 1. Один кінець вторинного витка 2 приєднаний до кронштейна 3, на якому укріплений нижній електродотримач 4, другий кінець—до колодки верхнього електрода 5. Нижній електродотримач 4 можна легко регулювати по висоті на кронштейні 4.



Фіг. 112. Точкова машина типу АНТ-25.

Щоб підняти або опустити верхній електрод, треба ослабити болти 6.

Робота машини відбувається так. Електродвигун 7 через черв'ячний редуктор 8 приводить в рух кулачок, зв'язок з яким здійснюється зубчастою роз'ємною муфтою. При звільненні педалі 9 муфта розчеплена, і електродвигун працює вхолосту. При натискові на педаль система важелів відсуває гальмівний важіль 10 і звільняє зубчасту півмуфту, яка вмикає механізм з подавальним кулачком. В цьому випадку при натиснутій педалі точки ставитимуться автоматично. Щоб виконати зварювання з довільною видержкою часу, на машині установлений правий гальмівний важіль 11; при відповідному регулюванні важеля 11 і при натиснутій педалі важіль спинятиме електрод в натиснутому положенні на весь час натиску на педаль.

Кулачок 12 обертається від того ж самого привода, що і подавальний кулачок, і здійснює вмикання і вимикання вимикача.

Послідовність роботи машини така. Після увімкнення електродвигуна вимикачем 17 при натискові на педаль 9 верхній електрод 13 опускається і затискує зварювану деталь, потім

вмикається струм, і після відповідної відержки деталі під струмом струм вмикається, відбувається остаточне натиснення і потім електрод підіймається.

Тиск регулюється пружиною 14 за допомогою гайки 15. Тривала потужність машини АТН-25—16 к*ва*. Потужність при повторно-короткочасовому режимі—45 к*ва*. Найбільша сумарна товщина при роботі з перервами—14 мм (дані заводу „Електрик“).

На фіг. 113 дана електрична схема вмикання точкової машини типу АТН-25.

В машині типу АТН-25 всередині вміщений однофазний трансформатор стрижневого типу з сьомя ступенями регулювання. В машині типу АТ-50 теж всередині вміщений трансформатор броньового типу з вісьма ступенями регулювання.

В табл. 35 дано перерізи мідних проводів для приєднання машин до сітки (в мм²).

Таблиця 35

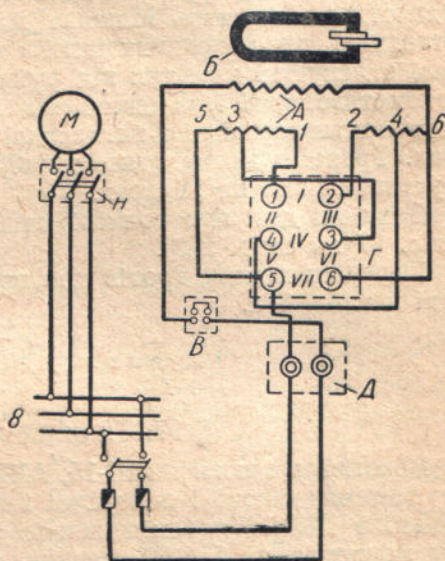
Тип машини	При напрузі в сітці		
	220 в	380 в	500 в
АТН-25	35	16	16
АТ-50	70	35	25

Точкова машина автоматична типу АТА-40 використовується для зварювання однотипних деталей масового виробництва при автоматичній роботі.

Машини типів АТА-40-8 і АТА-40-9—спеціальні машини і відрізняються одна від одної тим, що тип АТА-40-8 має радіальне переміщення верхнього електрода, а АТА-40-9—паралельно-вертикальне переміщення електрода.

Машина вмикається педаллю, що сполучає електродвигун з механізмом стиснення.

При натисканні на педаль автоматично затискуються зварювані деталі, вмикається зварювальний струм і розводяться електроди після зварення. Первинний струм вмикається і вмикається механічним вимикачем контактора, який приводиться в рух кулачком від електродвигуна. Всередині корпусу вміщений однофазний трансформатор з вісьма ступенями регулювання.



Фіг. 113. Електрична схема вмикання машини АТН-25

А—первинна обмотка трансформатора; В—вторинне коло; В—кулачковий вимикач; Г—штепсельний перемикач; Д—коробка сорнова; М—мотор привода; Н—вимикач до мотора; I, II, III, IV, V, VI, VII—ступені напруги

Перерізи мідних проводів (в $мм^2$) для приєднання машин до сітки подані в табл. 36.

Таблиця 36

Напруга в	220	380	500
Переріз в $мм^2$	35	16	10

Точкова пересувна машина типу АТП-40 використовується для зварювання деталей, які через їх розміри не можна піднести до машини. Машина має виносні зварювальні кліщі, приєднані до вторинних витків трансформатора. Зварювані деталі стискають кліщами від руки. Час проходження струму не автоматизований і залежить від зварювальника. Струм вмикається контактором при натисканні на кнопку, укріплену на кліщах. Трансформатор однофазний, має сім ступенів регулювання і установлений на колесах.

Технічні дані про точкові машини наведені в табл. 37 (див. табл. 37 на стор. 229).

Перерізи мідних дротів для приєднання машини до сітки подані в табл. 37а.

Таблиця 37а

Напруга в	220	380	500
Переріз, $мм^2$	25	16	10

§ 97. Типи шовних машин

Шовні машини АШ-15, АШ-25 і АШ-50—універсальні типи; вони зварюють і поперечні і поздовжні шви. У машин типів АШ-16 і АШ-25 переміщення верхнього електрода—радіальне, а у машини типу АШ-50—вертикально-паралельне. Затискування зварюваних деталей і вмикання струму в машині АШ-16 робиться педаллю, в машинах АШ-25 і АШ-50 педаль служить тільки для управління муфтою, що розчеплюється; ця муфта сполучає мотор з приводним механізмом. Зварювана деталь стискається від кулачкового пристрою, зв'язаного з електродвигуном. Струм вмикається вимикачем, зчепленим з моторним приводом. Машини АШ-16 і АШ-25 мають однофазні трансформатори з сьомма ступенями регулювання, а АШ-50 має вісім ступенів.

Таблиця 38

Тип машини	При напрузі в сітці		
	220 в	380 в	500 в
АШ-16	16	10	10
АШ-25	25	16	10
АШ-50	70	35	25

В табл. 38 подані перерізи мідних проводів (в $мм^2$) для приєднання машин до сітки.

Найбільша сумарна товщина зварюваних листів при роботі з перервами:

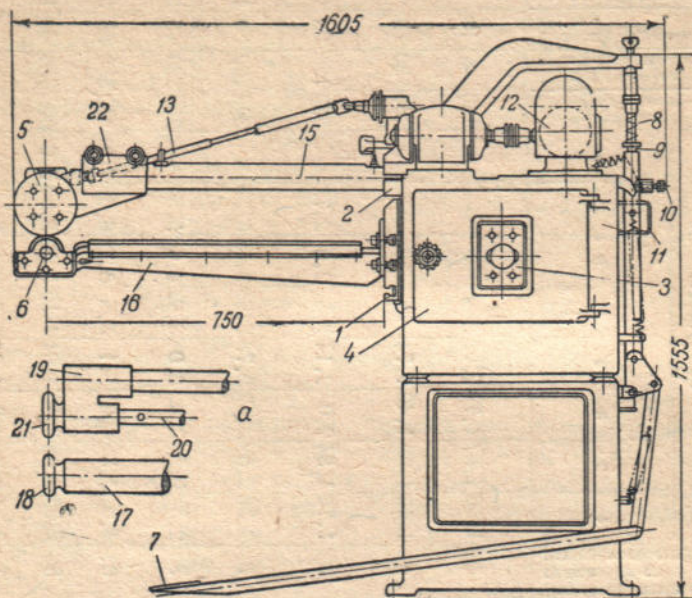
АШ-16—4 $мм$, АШ-25—5 $мм$, АШ-50—6 $мм$ (дані заводу „Електрик“).

Машина шовна типу АШ-40 виконує переривчасте шовне зварювання як поздовжніх, так і поперечних швів. На фіг. 114 дано ескіз з розмірами шовної машини типу АШ-40. В литому

Технічні дані точкових машин

Тип	Первинна напруга в В		Трифазна потужність кВА	Повільно-короткочас. режим				Число ступенів регулювання сили зарядного струму	Напруга холостого ходу вольтах по ступенях						Корисний виліт електродів мм	Витрата охолоджувального вогню літр/год	Робочий хід електродів мм	Розсув електродів мм	Потужність електродвигора кВА	Різні машини кт	Габарити мм				
	ПКР %	Потужність кВА		Неперервна робота		Число зарядних ступенів	Товщина заготовки мм		1	2	3	4	5	6							7	8	Висота мм	Ширина мм	Глибина мм
				Товщина мм	Потужність кВА																				
ATA-0,5	120	0,5	12,5	1,4	0,6	900	1	4	1,35	1,52	1,74	2,02	—	—	150	10	30	—	25	372	284	367			
	380	—																							
AT-3	120	2,6	2,5	5,4	2,0	900	3	4	1,16	1,30	1,49	1,74	—	—	200	30	15	90	—	75	445	186	590		
	380	—																							
ATH-8	220	7,2	3,0	13	4	900	6	7	1,76	1,84	2,0	2,14	2,3	2,5	2,72	250	20	135	—	235	1000	540	1050		
	380	—																							
ATH-16	500	13,5	40	22	8	900	10	7	2,36	2,5	2,62	2,78	2,98	3,16	3,39	300	200	30	150	357	1135	600	1310		
	220	—																							
ATH-25	500	16	12,5	45	6	1800	14	7	2,5	2,7	3,0	3,9	3,9	4,6	5,5	350	250	45	300	52	720	1500	750	1230	
	220	—																							
AT-50	500	35	12,5	98	10	1850	20	8	4,0	4,3	4,6	5,1	5,5	0,1	6,6	400	500	50	300	2,0	1500	1650	900	1470	
	220	—																							
ATA-40	380	16	12,5	45	4	3000	—	8	2,62	3,06	3,65	4,04	4,52	5,13	5,93	300	350	45	150	0,52	720	1750	690	1040	
	220	—																							
ATП	380	18	—	—	—	—	—	7	3,35	3,7	4,2	4,8	5,3	6,1	7,0	—	—	—	—	—	300	665	630	805	
	500	—																							
ATA-175	380	70	12,5	175	2	1800	—	8	3,95	4,36	4,56	5,13	5,58	6,22	7,15	8,25	650	500	46	55	—	2120	945	1635	

верхньому алюмінієвому корпусі всередині міститься однофазний трансформатор, вторинний виток якого одним своїм кінцем приєднаний до латунної плити 1, а другим—до об'єми верхнього електродотримача 2. Від первинної обмотки трансформатора йдуть відпайки до перемикача ступенів 3, укріпленого на дверцятах рами 4. Зварювана деталь затискується між роликками 5 і 6 натиском на педаль 7 через систему важелів і пружини 8. Натиск пружини 8 регулюється гайкою 9. При опусканні верхнього ролика вмикається трансформатор від пружинного упора 10,



Фіг. 114. Шовна машина типу АШ-40

зв'язаного із штангою натискного механізму, який вмикає контакти, що знаходяться в коробці 11. У первинне коло трансформатора послідовно увімкнений механічний переривач струму 12, який дає від 2 до 6 перерв за секунду (число переривань можна регулювати за допомогою переставляння упорних роликів). Зварювальний ролик (електрод) і переривач обертаються від одного і того ж електродвигуна через редуктор і системи шестерень.

При зварюванні поздовжніх швів ведучим роликом є верхній 5, а нижній обертається в наслідок тертя об зварювану деталь при її переміщенні. При зварюванні поперечних швів—нижній ролик 18 є ведучим, а верхній 21—веденим. Передача руху на ведучі ролики для поздовжнього і поперечного зварювання здійснюється карданним валом 13.

Для поперечного зварювання треба нижній електродотримач 18 з роликом 6 і верхню головку 22 з роликом 5 зняти і замість них установити пристрій, показаний на фіг. 114 а, де зображена

коробка 19, складена з втулкою 20 і верхнім поперечним роликом 21.

Найбільша сумарна товщина зварюваних листів при роботі з перервами—5 мм (за даними заводу „Електрик“).

На фіг. 115 зображена принципіальна електрична схема машини.

В табл. 39 подані перерізи (в мм²) мідних проводів для приєднання машини до сітки.

Таблиця 39

Напряг в в	220	380	500
Переріз в мм ²	25	16	10

Крім вказаних типів шовних машин використовуються ще шовні машини типу АШГ-25-2, АШГ-150. Технічна характеристика всіх цих машин дана в табл. 40 (див. табл. 40 на стор. 232).

§ 98. Переривачі

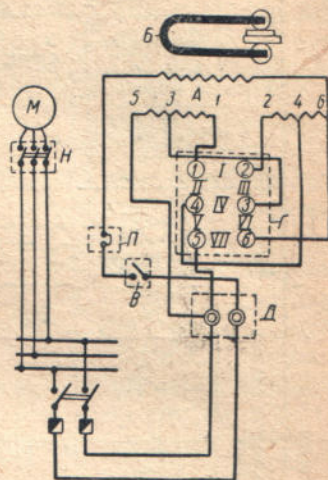
Загальні відомості. Кількість тепла, потрібна для зварювання деталей певних перерізів, залежить від двох величин: від потужності, яка підводиться до місця зварювання, і від часу проходження струму. При підвищеній потужності час зварювання зменшується, а при зниженій—збільшується.

Зміна потужності здійснюється в зварювальних машинах перемикачем ступенів. Змінюючи коефіцієнт трансформації, можна дістати потрібну потужність для зварювання. Тривалість же проходження струму можна регулювати спеціальним пристроєм—так званим переривачем.

При зварюванні дуже часто намагаються дістати найбільшу кількість тепла в місці зварювання за мінімальний час. Це дає ось що: 1) підвищення продуктивності, 2) економію електроенергії, 3) підвищення к. к. д. машин, 4) зменшення жолоблення зварюваних деталей, 5) зменшення окисації місця зварювання, 6) можливість зварювати метали з високою теплоелектропровідністю і з незначними температурними інтервалами переходу металу з пластичного стану в рідкий, де заздалегідь відрегульований час проходження струму має основне значення для якості зварювання.

Нижче ми подаємо короткий опис чотирьох переривачів—механічного, синхронного, електромагнітного і тиратронного.

Механічний переривач. На диску 1 (фіг. 116) закріплені два кулачки 2, які можуть для регулювання переміщатися в пазах диска. Диск з кулачками приводиться в рух мотором 3



Фіг. 115. Електрична схема вмикання машини АШ-40

А—первинна обмотка зварювального трансформатора; Б—вторинне коло; В—пелльвий вимикач; Г—штупельний перемикач; Д—коробка борнова; М—мотор привода; Н—вимикач мотора; П—переривач; I, II, III, IV, V, VI, VII—ступені напруги

Технічні дані шовних машин

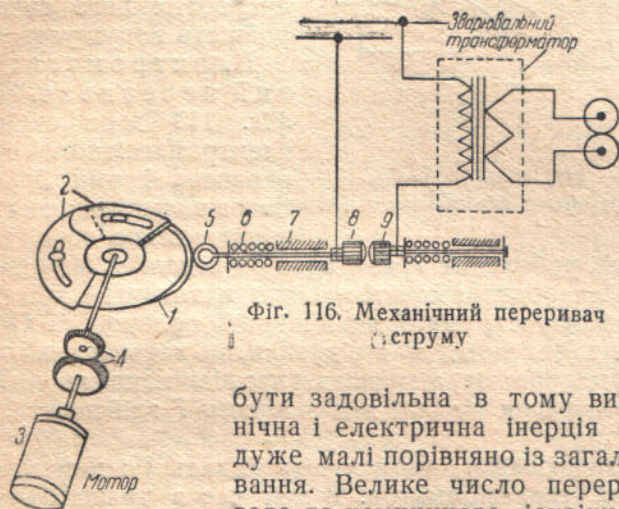
Тип	Первинна напруга В		Тривала потужність Ксд	ПКР %	Повторно-коротковчас. режим			Сумарна товщина заварюваних предметів при роботі з перер. ванни м.м	Витрата охолоджувальної води, л/100	Напруга холостого ходу в вольтях по ступенях								Число ступенів регулювання сили авар. вального струму Корисний виліт електр. Рольова шлі сакро- для м.м	Ліметр нижнього ролика м	Потужність сакро-привода квт	Вага машини кг	Габарити						
	220	380			Потужність Ксд	Сумарна товщина м.м	Швидкість заварювання м.м			Неперервна робота м.м	1	2	3	4	5	6	7					8	Висота м.м	Ширина м.м	Глибина м.м			
АШ-16	220	380 500	13,5	70	16,2	2	1	4	200	2,36	2,5	2,62	2,78	2,98	3,16	3,39	—	7	330	40	80	0,52	600	1200	640	1200		
	380																											
	500																											
АШ-25	220	380 500	20	70	24	3	1	5	400	3,15	3,4	3,7	4,2	4,5	4,9	5,35	—	7	400	45	80	1,2	—	—	—	—	—	
	380																											
	500																											
АШ-50	220	380 500	35	70	42	4	1	6	500	—	—	—	—	—	—	—	—	8	400	50	80	1,75	—	—	—	—	—	
	380																											
	500																											
АШ-40	220	380 500	20	70	24	3	1	5	400	3,15	3,4	3,7	4,2	4,5	4,9	5,35	—	7	700	45	80	0,52	850	1555	735	1605	—	—
	380																											
	500																											
АШ-25-2	220	380 500	20	70	24	3	1	5	400	3,15	3,4	3,7	4,2	4,5	4,9	5,35	—	7	400	45	80	1,52	1300	1510	750	1575	—	—
	380																											
	500																											
АШГ-150	220	380 500	100	50	150	4	1,33	—	—	2,71	2,92	0,06	3,22	3,33	3,45	3,55	3,61	16	360	25	—	1,3	—	2299	1360	1430	—	—
	380																											
	500																											

Заявлено
вля впроду

через пару шестерень 4. В певний момент кулачок набігатиме на ролик 5, який стисне пружину 6 і через напрямні 7 перемістить лівий контакт переривача 8 до повного його дотику до правого контакту 9.

В цей момент первинне коло замкнеться і відбудеться зварювання. Час проходження струму регулюється переміщенням кулачків на дискові. При зсунутих кулачках час проходження струму буде мінімальний, при розсунутих кулачках, як вказано

на фігурі, час проходження струму буде максимальний. Кількість переривань на хвилину залишається сталою і дорівнює числу оборотів мотора, помноженому на відношення числа зубів пари шестерень 4. Робота такого переривача може



Фіг. 116. Механічний переривач струму

бути задовільна в тому випадку, якщо механічна і електрична інерція самого переривача дуже малі порівняно із загальним часом зварювання. Велике число переривань під струмом веде до неминучого іскріння, зношування контактів, погіршення якості зварювання і частой зміни контактів.

Синхронний переривач. Перелічені хиби примусили перейти до механічних переривачів з синхронним електродвигуном. Синхронний електродвигун дає можливість регулювати вмикання і вимикання струму механічним переривачем в момент його переходу через нуль синусоїди.

Для прикладу розглянемо механічний переривач з синхронним мотором фірми Томсон-Гібб, схема якого подана на фіг. 117. Синхронний мотор 1 за допомогою зубчастої передачі 2 обертає вісь 3 з кулачком 4, який через ролик 5 приводить в дію контакти переривача 6. Кулачок 4 (складений з двох дисків) дає можливість регулювати час проходження струму. Кількість переривань стала і дорівнює числу оборотів мотора, помноженому на передавальне число від мотора до вала.

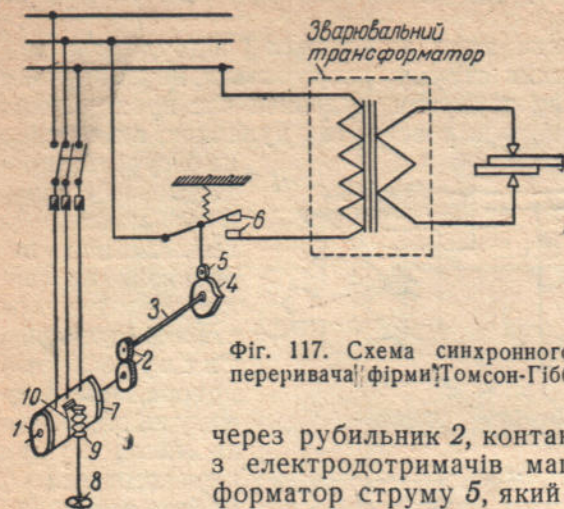
Для забезпечення переривань струму в момент проходження його через нуль синусоїди статор електродвигуна 7 може повертатися навколо своєї осі за допомогою ручного маховичка 8, що приводить в дію черв'як 9, а через нього зубчастий сектор 10, цупко сполучений з корпусом електродвигуна.

Синхронні переривачі потребують точного установлення і частого регулювання, бо у випадку зміни товщини зварюваного металу або стану його поверхні і ін. переривання струму відбу-

ватиметься не в момент переходу через нуль синусоїди, а при якомусь певному значенні сили струму. В зв'язку з цим він

працюватиме як простий механічний переривач. Синхронний переривач добре працює при середніх скоростях, при підвищених скоростях його синхронність порушується.

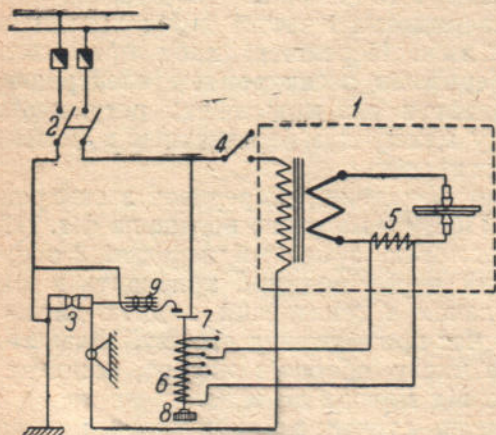
Електромагнітний переривач. На фіг. 118 дана схема електромагнітного переривача фірми Зоаг. Зварювальна машина 1



Фіг. 117. Схема синхронного переривача фірми Томсон-Гібб

Зварювальна машина 1 приєднується до сітки через рубильник 2, контакти 3 і педаль 4. На один з електродотримачів машини натягнутий трансформатор струму 5, який живить соленоїд 6. Обмотка соленоїда має відпайки, що дає можливість регулювати число ампервитків, а значить, і час підймання якоря 7. Попереднє регулювання віддалі між якорями 7 здійснюється гвинтом 8.

Щоб виконати зварювання, натискають педаль 3 і цим вмикають зварювальний трансформатор. В цей час в трансформаторі струму 5 почне індуціюватися струм, який живитиме котушку соленоїда 6, в результаті чого осердя соленоїда підіймається і замкне контакти якоря 7. Котушка електромагніта 9, увімкнена паралельно в коло, замкнеться і притягне контакт 3, що відповідатиме кінцю зварювання.



Фіг. 118. Схема переривача фірми Зоаг

Контакти 3 мають бути відрегульовані так, щоб віддаль між ними в момент розриву була приблизно рівна 2,5 мм.

Переривач фірми Зоаг, залежно від стану зварюваного металу, який звичайно буває неоднорідний щодо товщини і стану зовнішньої поверхні, пропускає різну кількість електрики — в цьому його перевага. До хиб треба віднести такі моменти: 1) повністю судити про якість зварювання за кількістю витраченої електроенергії не можна,

бо частина струму відгалужується в поряд розташовані уже зварені точки, 2) не можна мати малий час зварювання через інерцію рухомих деталей переривача.

Тиратронний переривач. Найбільш досконалим типом тепер є так звані тиратронні переривачі, які дають можливість переривати струм понад тисячу раз за хвилину. Тиратронний переривач не має рухомих частин, тому не зношується і не потребує старанного догляду. Переривачі цього типу працюють з високою точністю, повторюючи переривання струму в строго певні проміжки часу. Основна деталь тиратронного переривача—тиратронна трубка, наповнена парою ртуті.

Особливість тиратронної трубки в тому, що при певних умовах вона може пропускати струм тільки в одному напрямі,

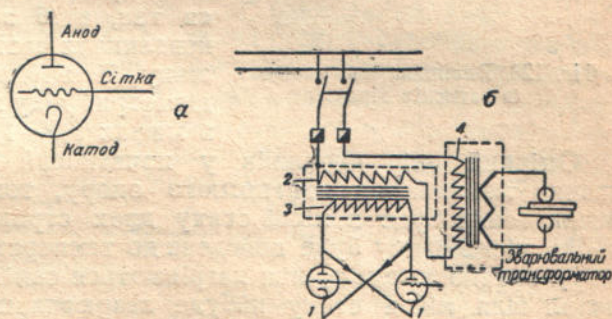
а тому що змінний струм пульсуючий (синусоїдальний), то тиратронна трубка може пропускати тільки одну півхвилю синусоїди струму, що йде в одному напрямі, другу ж півхвилю, яка йде в протилежному напрямі, ця трубка не пропуститиме.

На фіг. 119 дана схема тиратронної трубки, яка складається з анода, катода і вміщеної між ними сітки.

Тиратронні трубки виготовляють на невелику силу струму; вони можуть пропускати не більше 75 а, тому для використання їх в зварювальній справі, де потрібні великі потужності, необхідно мати допоміжні, так звані, серієсні трансформатори, вторинна обмотка яких має високу напругу—від 2000 до 6000 в.

Серієсний трансформатор вмикається в первинне зварювальне коло послідовно. Тиратронні трубки вмикаються послідовно у вторинне коло серієсного трансформатора (фіг. 119). Тому при проходженні великої потужності сила струму, який проходить через тиратронні трубки, буде незначна, тобто в допустимих межах.

На фіг. 119 б дана схема тиратронного переривача з двома тиратронними трубками 1—1, які установлені так, що можуть пропускати обидві півхвилі струму, і серієсним трансформатором 2—3. Працює такий переривач так. Якщо вторинну обмотку серієсного трансформатора 3 роз'єднати, то його первинна обмотка 2 матиме дуже великий індуктивний опір, і струм в первинному колі 4 зварювального трансформатора не пропускатиметься. Якщо ж вторинна обмотка серієсного трансформатора 3 буде замкнута, то його первинне коло 2 пропустить



Фіг. 119. Схема тиратронного переривача

струм, і відбудеться зварювання. Під час роботи вимикання і вмикання вторинної обмотки серієсного трансформатора здійснюються тиратронними трубками.

§ 99. Технологічний процес стикового зварювання методом опору

Процес зварювання методом опору поділяється на кілька послідовних операцій: 1) зближення кінців зварюваних деталей до їх стикання, 2) вмикання струму, 3) видержка під струмом для нагріву до зварювального жару, 4) вимикання струму і стиснення.



Фіг. 120. Величина виступаючих із затисків кінців

Зварювані стрижні затискаються так, щоб з губок виступала невелика їх частина (фіг. 120); довжину її вибирають залежно від діаметра і роду зварюваного металу в межах 0,5—4 діаметра стрижня.

Омічний опір стрижнів у початковий період зварювання значно менший від контактної опору, тому найбільше виділення тепла буде в місці стику двох стрижнів. Відповідно до цього місце стику буде доведено до температури зварювального жару значно швидше, ніж нагріваються самі стрижні. Як тільки метал біля місця стику набуде зварювальної температури, то одночасно з вимкненням струму стискають стрижні подавальним пристроєм, і зварювання вважається закінченим.

Після зварювання методом опору в місці зварювання, коли метал нагріється до пластичного стану, утворюється відповідне потовщення за рахунок висаджування частини роз'якшеного металу.

Стан контактних поверхонь. Торцеві поверхні зварюваних стрижнів при зварюванні методом опору мають бути рівно обрізані. При нерівно обрізаних торцевих поверхнях треба збільшити осадження, щоб мати зварювання по всьому перерізу. Шерехатість поверхонь бажана: вона збільшує початковий опір контакту між цими поверхнями, в наслідок чого на початку процесу зварювання нагрів цього контакту швидко зростає, опір металу збільшується, і процес зварювання відбувається швидше. Втрати на контактах залежать від стану поверхні зварюваних деталей в місці їх контакту із затисками машини. Кількість тепла, яка виділяється в електричному колі при проходженні по ньому струму, дорівнює $Q=0,24 I^2 R t$. Якщо контакт між зварюваними деталями і губками буде недостатній, то опір контакту буде більший, пропорціонально опоріві виділятиметься більша кількість тепла, яка йде на нагрів губок і в навколишнє середовище.

При чистій гладкій поверхні зварюваних деталей і доброму стані затисків втрати на контактах становлять близько 25% від потужності, яка підводиться до машини. При зварюванні матеріалу з дуже окисованою поверхнею ці втрати можуть бути

вище 50%. Негладкі, брудні, вкриті оксидами поверхні зварюваних деталей в місці контакту із затисками дають підвищені опори контактів і зумовлюють сильне забруднення та зношування затисків машини.

Довжина виступаючої частини зварюваних деталей із затисків. Довжина виступаючих із затисків кінців зварюваних стрижнів дуже впливає на процес зварювання і якість шва. При більшій довжині виступаючих із затисків кінців у них виділятиметься при одній і тій же густині струму більша кількість тепла і зменшуватимуться втрати тепла в шві внаслідок теплопровідності.

З другого боку, при великій довжині виступаючих із затисків кінців зростатиме опір цих кінців і зростатиме споживана для зварювання потужність. Крім того, внаслідок великого нагріваного об'єму металу втрати в навколишнє середовище значно збільшаться, отже, при зміні довжини вказані причини впливатимуть на процес зварювання в різних напрямках. Досі питання про межу величини виступаючих із затисків кінців зварюваних деталей не уточнене. Установні довжини, які беруть звичайно при зварюванні круглого матеріалу, подані в табл. 41.

Таблиця 41

Зварні матеріали		Величина виступаючих із затисків кінців	
		А	Б
Сталь	Сталь	0,5 d	0,5 d
Залізо	Залізо	0,7 d	0,7 d
Сталь	"	0,6 d	1,8 d
Латунь	Латунь	1,5 d	1,5 d
Залізо	"	0,6 d	2,8 d
Мідь	Мідь	2,0 d	2,0 d
Залізо	"	0,7 d	4,0 d
Латунь	"	1,0 d	4,0 d

Кінці виступаючих із затисків зварюваних деталей при їх нагріванні і стисненні трохи утовщуються (висаджуються).

Таблиця 42

Діаметр мм	Площа поперечного перерізу мм ²	Загальний припуск мм
10—14	75—150	2,0
15—19	180—280	3,0
20—24	315—450	3,5
25—29	490—660	4,0
30—34	700—900	4,5
35—39	960—1180	5,5
40—44	1260—1500	6,0
45—49	1600—1880	6,5
50—54	1960—2280	6,5
55—65	2370—3300	7,0

Припуски, які враховують висадження металу, подані в табл. 42.

Приклад. Треба зварити два сталеві стрижні діаметром 25 мм так, щоб загальна їх довжина після зварення дорівнювала 100 мм. Визначити: 1) величини виступаючих із затисків кінців, 2) необхідний припуск на зварювання і 3) довжини заготовок зварюваних стрижнів.

За табл. 41 величини виступаючих із затисків кінців при зварюванні сталі дорівнюють 0,5 d, тобто

$$0,5 \cdot 25 = 12,5 \text{ мм.}$$

Сумарна величина виступаючих кінців ($A + B$) дорівнює $2 \cdot 12,5 = 25$ мм. За табл. 42 загальний припуск на висадження відповідає 4 мм. Отже, після зварення сумарна величина виступаючих кінців зменшиться на 4 мм, тобто дорівнюватиме

$$25 - 4 = 21 \text{ мм.}$$

Щоб після зварення деталь мала розмір 100 мм, треба взяти заготовки довжиною по 52 мм.

Режим зварювання для різних матеріалів, перерізів і профілів зварюваних деталей. При контактному зварюванні температура нагріву зварюваних поверхонь нижча від температури топлення зварюваного металу. Отже, в цьому випадку для зближення часток металу і їх молекулярного зчеплення необхідно застосовувати механічне зусилля. Величина потрібного механічного зусилля залежатиме від температури нагріву часток металу в зварюваних поверхнях.

Цю залежність дослідив Ессер. Дослідна крива потрібного для одержання міцного зварення питомого тиску, залежно від температури нагріву двох зварюваних кусків електролітичного заліза, показана на фіг. 121.

Приклад. Два круглі залізні стрижні, кожний діаметром 20 мм, були нагріті до температури $t = 900^\circ$.

Визначити, який тиск треба розвинути подавальним пристроєм, щоб мати добре сполучення (зварення).

Діаметрові 20 мм відповідає площа поперечного перерізу стрижня

$$F = 314 \text{ мм}^2.$$

За кривою Ессера при 900° потрібний тиск питомий 4 кг/мм². Отже, необхідне зусилля подавального пристрою буде

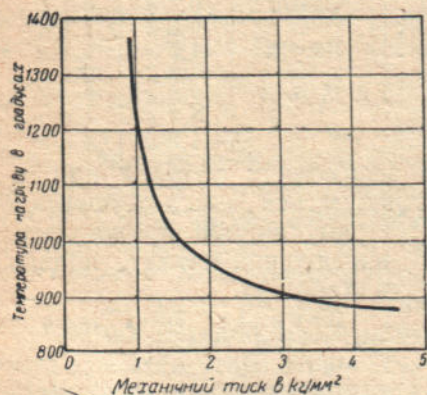
$$P = 314 \cdot 4 = 1256 \text{ кг.}$$

При температурі нагріву

$$t = 1000^\circ$$

потрібний питомий тиск 1,5 кг/мм². В цьому випадку зусилля подавального пристрою буде

$$P = 314 \cdot 1,5 = 471 \text{ кг.}$$



Фіг. 121. Крива залежності питомого тиску від температури нагріву (крива Ессера)

струкції подавального пристрою; друга величина залежить від цілого ряду причин, які змінюються протягом зварювання: 1) кількості тепла, що дається за одиницю часу, 2) чистого часу зварювання (час вмикання трансформатора), 3) форми зва-

рюваного матеріалу та його властивостей, 4) омичного опору стрижнів, 5) контактного опору стрижнів.

Форма перерізу зварюваних деталей дуже впливає на процес зварювання. Компактна форма перерізу, яка наближається до круглої або квадратної, легко зварюється опором. Деталі з розвинутим перерізом, наприклад, плоскі або трубчасті, зварюються опором значно важче і потребують для зварення великої потужності.

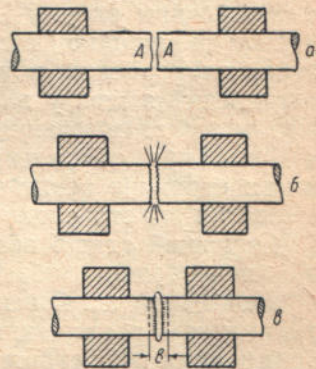
Тонкі листи при значній довжині шва зварити опором не вдається з огляду на неможливість мати рівномірний нагрів зварюваних кромки по всій довжині шва. В цьому випадку в одних місцях зварювані кромки нагріваються до розтоплення і згорають, тоді як в інших місцях залишаються холодними, — відбувається не зварювання, а прихвачування в кількох точках. Подібного роду розвинуті перерізи можна добре зварювати обтопленням. Крім цього, при зварюванні різних перерізів досить трудно дістати добрий контакт між затисками машини і зварюваними деталями.

При зварюванні замкнутих контурів (кілець, обіддів, шин і ін.), коли зварюються кінці однієї і тієї ж деталі, частина зварювального струму відгалужується по замкнутому контуру. При зварюванні кілець невеликого розміру, наприклад, при зварюванні ланок ланцюгів, величина струму, що відгалужується (шунтованого), досягає 50% і більше від величини зварювального струму.

Густина струму. Матеріали з великим питомим опором нагріваються до зварювального жару при меншій густині струму у зварюваних стрижнях, але при більших напругах на затисках; матеріали з малим питомим опором, навпаки, потребують для нагрівання більшої густини струму, але нижчої напруги.

§ 100. Технологічний процес стикового зварювання методом обтоплення

Загальні відомості. Якщо два стрижні з необробленими нерівними торцями, затиснуті в губки стикової машини (фіг. 122 а), до яких підведений вторинний струм, зближувати, то в перший момент прийдуть в стикання точки А, які найбільше виступають. Тому що в даний момент ці точки будуть єдиним контактом, то тут виділиться велика кількість тепла. Матеріал в цьому місці миттєво розтопиться і у вигляді бризок буде викинутий в різні сторони. Зближуючи далі кінці стрижня, побачимо, що те саме відбуватиметься вже в цілому ряді точок, і, нарешті, в певний момент описаний процес охопить всі точки перерізу стрижнів (фіг. 122 б). Таким чином, здійснюючи повіль-



Фіг. 122. Схема процесу зварювання обтопленням

ну безперервну подачу стрижнів один до одного, матимемо в міру вигорання металу поверхню стиків, вкриту тонким шаром розтопленого металу.

Тепло, яке утворюється між двома зварюваними стрижнями в наслідок теплопровідності стрижнів передаватиметься сусіднім шарам металу, в результаті чого залежно від часу іскроутворення, напруги і сили струму, підведеного до зварюваних стрижнів, дістанемо певну нагріту зону, яка в міру віддалення від стика вглиб (протилежно зварюванню методом опору) порівняно різко зменшуватиметься.

Процес зварювання обтопленням відбувається при густинах струму в зварюваних стрижнях, значно нижчих, ніж при процесі зварювання методом опору. При зварюванні обтопленням маловуглецевої сталі густини струму змінюються в межах 8—25 a/mm^2 . При таких малих густинах нагрів зварюваних стрижнів буде незначний, бо тепло концентрується головним чином на торцевих поверхнях зварюваних стрижнів. Щоб мати надійне обтоплення зварюваних кінців, процес треба підтримувати безперервно протягом певного проміжку часу, залежно від перерізу зварюваних стрижнів і від потужності, яка підводиться.

При зварюванні круглих стрижнів під час процесу обтоплення кожний із зварюваних кінців обтоплюється на величину, яка дорівнює примірно половині діаметра.

Після відповідного обтоплення зварюваних кінців одночасно з вимкненням струму їх швидко здавлюють. Здавлювати треба настільки швидко, щоб розтоплений під час процесу обтоплення на торцевих поверхнях зварюваних стрижнів метал був видавлений з шва у вигляді ґрату (фіг. 122 в). При недостатньо швидкому здавлюванні зварюваних кінців розтоплений і окисдований при обтопленні метал на торцевих поверхнях зварюваних стрижнів встигне затвердіти, залишиться не видавленим з шва і міцність сполучення різко знизиться.

Описаний спосіб зварювання називається зварюванням методом неперервного обтоплення.

Іноді при зварюванні застосовують спосіб попереминого замикання і розмикання стрижнів. В цьому випадку в момент розмикання між стрижнями проскакує сніп іскр, в наслідок чого кінці стрижнів розігриваються. Даючи ряд швидких замикань і розмикань, матимемо нормальний процес неперервного обтоплення. Цей метод можна назвати (термінологія ще не встановлена) процесом неперервного обтоплення з попереднім переривчастим підігрівом.

Припуск матеріалу. Згорання частини матеріалу при зварюванні методом обтоплення примушує передбачати заздалегідь необхідний припуск металу на сполучуваних деталях (табл. 43).

Стикове зварювання алюмінію. Труднощі процесу зварювання алюмінію полягають в його фізико-хімічних властивостях. Інтервал температур пластичного стану незначний, через що практично важко вловити момент переходу його з твердого

Таблиця 43

Діаметр деталей <i>мм</i>	Площа попереч- ного перерізу <i>мм²</i>	Загальний припуск на сполучення <i>мм</i>
10—14	75—150	8
15—19	180—280	10
20—24	135—450	12
25—29	490—660	14
30—34	700—900	15
35—39	960—1180	18
40—44	1260—1500	20
45—49	1600—1880	22
50—54	1960—2280	22
55—65	2370—3300	24

стану в рідкий. Тому при зварюванні можна або запізнитися із здавлюванням розігрітого металу, або передчасно зробити цю операцію. За кольором нагрітих кінців також неможливо визначити температуру їх нагріву.

Алюміній легко оксидується як при високій, так і при звичайній температурі, в наслідок чого він завжди має на своїй поверхні шар тугоплавкого і добре ізолюючого алюміній-оксиду, який іноді перешкоджає замиканню струму через зварювані стрижні.

Для задовільного зварювання алюмінію треба, щоб зварювані перерізи були рівновеликі і мали правильну форму—круглу, прямокутну і ін. Тиск має бути точно добраний; при зменшеному тискові буде неповне видавлювання дуже окисованого матеріалу, а у випадку надмірного тиску розігрітий алюміній буде витиснений настільки, що стикання відбудеться між слабо розігрітими кінцями. Застосовуваний тиск для алюмінію коливається в межах 1,0—1,5 кг/мм^2 площі поперечного перерізу. Механізм осадження використовується з пружинним тиском, який діє неперервно весь час нагріву. Припуск алюмінію на вигорання має бути значно більший, ніж для вуглецевої сталі і заліза.

Стикове зварювання міді і латуні. Зварювання мідних і латунних стрижнів, як і зварювання алюмінію, має ті самі труднощі. Тому що теплопровідність міді висока, а питомий опір малий, то установна довжина для кінців мідних стрижнів береться більша, ніж для заліза, порядку 2—2,5 діаметра, а для латуні—1,5—2 діаметра. Для поліпшення зварювання в деяких випадках місце зварювання посипають бурою, яка перед початком розтоплення міді, тобто в момент, коли треба виконувати стискання, топиться і скипає, що служить сигналом для того, щоб почати стискання. Крім того, бура є в даному випадку флюсом, що служить для видалення оксидів міді.

Мідь і латунь можна зварювати також і на машинах з ручним тиском, але при відповідній кваліфікації зварювальника.

Зварювання інструментів. Для економії дорогих сортів швидкорізальної сталі інструмент роблять зварним: частини для держання—з вуглецевої сталі, а робочі частини—з швидкорізальної сталі. Таким чином можна зварювати різці, свердла, розвертки і т. д.

На фіг. 123 показані заготовки свердла і різців. Зварювання інструмента з швидкорізальної сталі трохи складніше від зварювання вуглецевої сталі, в наслідок того, що в більшості випадків для одержання задовільної якості сполучення процес

зварювання має супроводитися додатковою термічною обробкою. Не зважаючи на складність технологічного процесу зварювання інструментів, вартість їх значно нижча від вартості інструмента, виготовленого цілком із швидкорізальної сталі (за рахунок різниці в ціні швидкорізальної і виробної сталі).

Витрата потужності при зварюванні методом опору і обтоплення. Розглянемо співвідношення потужностей, використовуваних і споживаних при зварюванні методом опору і обтоплення для окремого випадку зварювання стрижнів м'якої сталі діаметром 20 мм.

1. Зварювання виконувалося методом обтоплення. Середня сила зварювального струму по замірах була близько 4600 а; середня густина струму—14,6 а/мм²; напруга на стрижнях під час зварювання—в середньому 7,7 в; потужність, використовувана безпосередньо для зварювання,—35,4 ква; потужність, споживана із сітки—40 ква.

2. Зварювання виконувалося методом опору. Середня сила зварювального струму по замірах була близько 16300 а; густина струму—52 а/мм², напруга на стрижнях—5,2 в; потужність, використовувана безпосередньо на зварювання,—85 ква; потужність, споживана із сітки—153 ква.

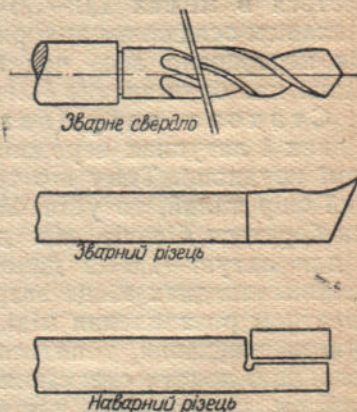
На підставі даних досвіду і цілого ряду інших практичних показів можна зробити такий висновок. На одному і тому ж ступені машини потужність, витрачена на зварювання обтопленням, при однакових розмірах деталей, менша, ніж при зварюванні методом опору.

Якщо час зварювання для обох випадків однаковий, а споживана потужність при обтопленні в 1¹/₂—2¹/₂ раза менша, ніж при зварюванні методом опору, то і витрата енергії на зварювання обтопленням менша в тому ж співвідношенні.

Підготування виробів для зварювання. Для одержання якісного зварювання велике значення має стан поверхні зварюваного виробу.

При наявності окалини і іржі створюється додатковий опір, що викликає спадання напруги у вторинному колі, а в наслідок цього збільшується і час зварювання.

Заготовки, які мають зварювати стиковим методом, можна очищати способом: 1) обкочування в барабанах, 2) обдування на піскострумних апаратах, 3) травленням у кислоті з подальшою нейтралізацією, 4) обертовою стальною щіткою або наждачним кругом і ін.



Фіг. 123. Заготування свердел і різців під зварювання

Зачищення грату. Грат (наплив), який утворюється при зварюванні обтопленням, складається з видавленого в рідкому і напіврідкому стані металу і часток перегорілого металу. Грат знімають залежно від форми деталей на звичайних токарних або стругальних верстатах. Грат можна також знімати, обдираючи його на наждачних верстатах. В масовому виробництві для знімання грату установлюють прес і спеціальні агрегати, які видаляють грат ще в гарячому стані.

Техніко-економічні показники стикового зварювання. Потрібний для зварювання якоїнебудь деталі час складається з таких елементів: 1) часу закладання виробу в машину, 2) чистого часу зварювання (часу вмикання трансформатора), 3) часу виймання виробу після зварення. Всі ці величини змінні, перша і третя залежать від конструкції затискних механізмів і друга—від потужності машини.

Тому точне установлення певних норм повного часу, а звідси і продуктивності можна визначити тільки чисто дослідним способом для кожного типу машини і характеру зварюваних деталей.

Маючи дані повного часу зварювання, можна підрахувати вартість одного сполучення стикового зварювання. Економічні переваги стикового контактного зварювання особливо виступають при порівнянні з іншими способами сполучення круглого заліза, наприклад ковальського зварювання. У будівництві, крім ковальського зварювання, для сполучення залізної арматури застосовується так зване в'язання. Порівняльні дані продуктивності і вартості цих трьох способів сполучення за підрахунками, проведеними Діпромезом, на основі дослідів заводів „Електрик“ і Сільмашбуду, подані в табл. 44.

Таблиця 44

Діаметр стрижнів, мм	12	15	20	25	30
Горнове зварювання					
Продуктивність зварювання за день	76	67	63	40	27
Вартість одного зварювання в копійках	58	69	75	108	148
В'язання					
Продуктивність за день	72	72	54	36	36
Вартість одного в'язання в копійках	28	35	52	100	157
Зварювання					
Продуктивність за день	815	590	477	310	106
Вартість одного зварювання в копійках	10	12	14	20	40

§ 101. Технологія точкового зварювання

Загальні відомості. Точкове зварювання являє собою відмінність зварювання методом опору, бо виріб нагрівається

до зварювального жару за рахунок перетворення електричної енергії в теплову, в наслідок електричного опору місця їх стикування.

Суть процесу точкового зварювання полягає в тому, що два або кілька листів металу (фіг. 124), накладені один на одного внапустку, затискаються між кінцями мідних електродів і через електроди пропускається струм. Опір, який перемагається струмом, дорівнюватиме

$$R_{\Sigma} = 2R_o + 2R_n + R_k,$$

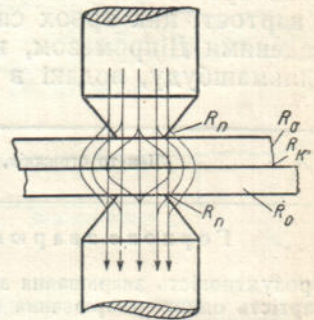
де $2R_o$ —омічний опір металу, R_k —контактний опір між поверхнями листів, R_n —перехідний опір від електродів до зварюваного металу.

Контактний і перехідний опори характером зміни дуже схожі між собою і залежать від площі контактної поверхні електрода і тиску (при їх збільшенні повний опір спадатиме).

В початковий момент у процесі зварювання контактний опір має якусь певну величину; після нагріву металу до зварювального жару в місці контакту відбудеться молекулярне зчеплення частинок металу, і контактний опір цілком зникне, тобто стане рівним нулеві. Перехідний же опір в процесі зварювання зменшується до дуже малої величини, але не дорівнює нулеві, бо зварювання між електродом і металом не може бути через велику теплопровідну здатність мідного електрода.

Потужність, яка підводиться для зварювання. На процес нагрівання металу дуже впливає потужність, яка підводиться до електродів. При малій потужності нагрів металу по товщині зварюваних листів буде більш рівномірним, ніж при роботі на великих потужностях. При великих потужностях можна легко перегріти метал в місці контактів між листами з утворенням випіску. Це пояснюється тим, що опір контакту між листами має досить значну величину, і нагрівання матеріалу до зварювального жару або навіть до розтоплення в цьому місці відбувається дуже швидко, тоді як температура нагріву навколишніх шарів зварюваних листів буде ще порівняно низька.

Потужність, яка підводиться для точкового зварювання одного і того ж матеріалу, залежно від часу проходження струму може змінюватися в дуже великих межах. При зварюванні листів маловуглецевої сталі потужність, яка застосовується, виражена в кіловольтамперах, в 3—5 раз більша від загальної товщини зварюваних листів, вираженої в міліметрах. Наприклад, для точкового зварювання двох листів із Ст. 3 су-



Фіг. 124. Процес проходження струму між електродами при точковому зварюванні

марною товщиною 5 мм найбільш придатною буде потужність машини 15—25 ква.

Час проходження зварювального струму, залежно від умов процесу зварювання, теж змінюється в широких межах. В деяких випадках час проходження струму виражається сотими або навіть тисячними частками секунди. В інших випадках він зростає до кількох десятків секунд. В наслідок особливих умов дуже часто час проходження струму не може бути нижче певного мінімуму, наприклад, при зварюванні вуглецевої сталі зменшення часу проходження струму нижче певної межі викликає різке загартування металу в місці одержання точки і робить сполучення крихким. Таке ж явище спостерігатиметься при зварюванні деяких спеціальних сталей, наприклад при зварюванні хромомолібденових сталей. Щоб усунути різке охолодження металу в місці одержаної точки, процес зварювання ведуть на малій потужності, збільшуючи час проходження струму; при цьому нагрів поширюватиметься також і на сусідні із сполученням зони металу, в наслідок чого охолодження місця зварювання після вимкнення струму відбуватиметься повільно, і загартування металу не буде.

В інших випадках, навпаки, для якісного зварювання процес нагрівання треба скоротити до мінімуму, наприклад при зварюванні неіржавіючої аустенітної сталі процес нагрівання треба вести так, щоб зовнішні поверхні не нагрівалися до температури структурної зміни металу, що зберігає антикорозійні властивості його поверхневих шарів. Це досягається швидким нагрівом протягом тисячних часток секунди, що дає зварення тільки в місці контакту між зварюваними листами, а зовнішні шари зварюваних листів не нагріваються до температури структурної зміни металу, в наслідок чого ці зовнішні шари не втрачають антикорозійних властивостей.

Тиск між електродами. Кількість тепла, яка виділяється при зварюванні металів з відносно великим питомим опором, із зміною тиску змінюється на незначну величину. Це пояснюється тим, що при збільшенні тиску контакт між зварюваними листами поліпшується, в наслідок чого сила струму збільшується і тепла в матеріалі виділяється більше, що компенсує зменшення виділення тепла в контакт. Кількість же тепла, яка виділяється при зварюванні металів з малим питомим опором, при збільшенні тиску сильно спадатиме, бо значне зменшення опору контактів не компенсується збільшенням тепла, яке виділяється в наслідок збільшення сили струму.

Густини струму. Для зварювання листової м'якої сталі густина струму на контактній поверхні мідних електродів повинна бути вища 50 а/мм². При меншій густині струму зварювані листи не нагріваються до зварювального жару. Матеріали з великою електропровідністю для зварювання потребують значно підвищеної густини струму. Для зварювання алюмінію мінімальна густина струму на контактній поверхні мідних електродів по-

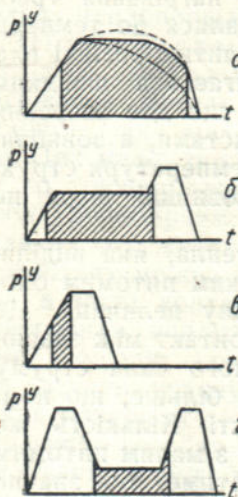
винна бути близько 150 а/мм^2 , для зварювання латуні густина струму буде близько 100 а/мм^2 , для зварювання міді— 250 а/мм^2 .

Тиск між електродами після нагріву. Після відповідного нагріву зварюваної деталі і вимкнення зварювального струму тиск між електродами має велике значення і визначає надійність одержаного сполучення. При відповідному тискові між електродами після відповідного нагріву при зварюванні сталі місце зварення набуває дрібнозернистої структури, і міцність сполучення в цьому випадку наближається до міцності основного металу.

Якщо тиск між електродами зразу після нагріву металу до зварювального жару зняти, то в точці зварення утворюється крупнозерниста структура і буде відповідне зниження міцності.

Існують різні типи точкових машин, в яких співвідношення тисків у різні моменти зварювання можуть бути різні.

На фіг. 125 показані найбільш поширені варіанти можливої зміни величин тиску за період зварювання. На фіг. 125 *a* дана діаграма тиску в процесі зварювання на машинах старих типів з ножним приводом (АТ-3, АТ-8, АТ-15 заводу „Електрик“). Зміна тиску за час зварювання залежить від зусилля зварювальника і може змінюватися в ту або іншу сторону довільно. При таких умовах якість зварювання не може бути гарантована.



Фіг. 125. Діаграми зміни тиску в процесі зварювання

У момент розігріву листів одночасно з вимкненням зварювального струму треба зроби́ти швидко і сильне спресовування, бо зварювальний тиск в більшості випадків бажано мати більший, ніж контактний. Тепер виготовляють машини з ножним і автоматичним приводом, які працюють здебільшого саме за останнім варіантом (фіг. 125 *б* і *в*).

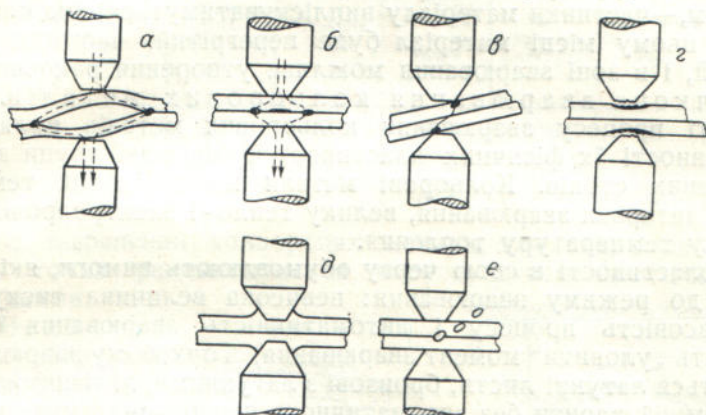
Французька фірма Sciaky виконує машини, які працюють за діаграмою на фіг. 125 *г*. В місці одержання зварної точки попередньо дається великий тиск, яким обспресовується місце зварювання для одержання однакового контакту по всій поверхні точки, потім тиск спадає до певної величини, і вмикається струм; після потрібного розігріву струм вимикається і дається вторинний тиск, який спресовує місце зварювання.

Матеріал електродів. Матеріалом для електродів машин для точкового зварювання найчастіше служить мідь. З погляду електро- і теплопровідності цей матеріал—один з найкращих, з погляду ж опору розплющуванню мідь як матеріал для електродів часто буває незадовільна. Щоб збільшити опір розплющуванню мідного електрода, в деяких випадках на його кінці напаяють пластинку з твердішого стопу—наприклад з алюмінійової бронзи або елконайту.

Технологія зварювання виробів з м'якої сталі. Для рівномірного розподілу контактної опору по діаметру точки вироби мають бути очищені від бруду, іржі та окалини. Очищати вироби треба з обох боків, для того щоб і перехідний опір при правильній формі електрода був розподілений рівномірно.

Для одержання однакового режиму при зварюванні однакових деталей, крім очищення деталей, треба уважно стежити за станом робочої поверхні електрода, бо діаметр її і площа визначають густину струму, а звідси і режим зварювання. Особливо уважний нагляд треба забезпечити для машин з радіальним рухом електрода.

Електроди повинні добре прилягати один до одного по робочій поверхні. Час від часу кінці електродів треба заточу-



Фіг. 126. Різні випадки неправильного точкового зварювання сталі

вати, щоб підтримувати однаковим їх діаметр. В протилежному разі зношування електродів буде неоднакове, що зумовить змінну густину струму і неоднорідну щодо якості „точку“.

Прилягання електрода можна перевірити так. Натискуючи на педаль машини, приводять електроди до стикання, попередньо заклавши між ними пластинку металу. В цьому положенні при наявності невеликого тиску виліти електродів повинні бути паралельними.

Розглянемо кілька практичних випадків неправильних методів зварювання сталі і їх причини (фіг. 126). Поверхні листів пожолоблені (фіг. 126 а) і тиск між електродами слабкий, — листи заліза не утворюють потрібного контакту в місці прикладання електродів. Змушений напрям струму показано пунктиром. Виділення тепла відбуватиметься в точках, де зосереджений великий контактний опір. В цих місцях вигоратиме метал і ніякого зварювання не буде.

Контактна поверхня погано зачищена (фіг. 126 б) (окалина, іржа), тому струм іде шляхом найменшого опору. Тепло концентруватиметься по боках, де і вигоратиме метал, — зварювання не буде.

При перекосі листів (фіг. 126 в) в точках стикання електродів з матеріалом питома густина струму буде підвищена, що створить більший нагрів, в наслідок чого обгорять електроди і вигорить метал зварюваних листів.

При передчасному вмиканні струму (фіг. 126 г), тобто коли потрібний тиск електродами на зварювану деталь ще не створений, утворюється великий опір між електродами і листами, в наслідок чого пропалюються листи і обгорають електроди.

При надто великому тискові (фіг. 126 д) точка виходить міцною, але разом з тим буде велике видавлювання металу електродами, і загальний переріз листів ослаблюється.

Температура нагріву вища від потрібної температури зварювального жару (фіг. 126 е) в наслідок передержки листів під струмом,—частинки матеріалу випліскуватимуться спід електродів. В цьому місці матеріал буде перегрітий, частково перепалений, і в зоні зварювання можливе утворення раковини.

Точкове зварювання кольорових металів. Особливості процесу зварювання кольорових металів полягають у відмінності їх фізичних властивостей від всієї групи залізо-вуглецевих стопів. Кольорові метали мають малий температурний інтервал зварювання, велику тепло-і електропровідність і низьку температуру топлення.

Ці властивості в свою чергу обумовлюють вимоги, які ставляться до режиму зварювання: невисока величина тиску, короткочасовість процесу і автоматичність зварювання (через трудність „уловити“ момент зварювання) Точковому зварюванню піддаються латунні листи, бронзові з латунними, залізними і т. д.

Алюміній варити без автоматичного переривача дуже важко. Основна трудність зварювання алюмінію полягає в тому, що поверхня його завжди покрита плівкою оксиду, температура топлення якого значно вища від температури топлення самого алюмінію.

Тут можна провести аналогію з листами, покритими, наприклад, хромом, який теж має високу температуру топлення. Коли основний метал досяг уже пластичного стану, плівка ще зберігає свої фізичні властивості і тільки вдавлюється в основний метал. Тому зварювальнику важко встежити за моментом, коли треба здійснити осадження. При зварюванні всіх кольорових металів в силу їх великої тепло-і електропровідності вимагається далеко більша сила струму, ніж при зварюванні сталі і заліза.

Алюміній легко прилипає до мідних електродів, тому при зварюванні алюмінію використовуються наконечники для електродів, покриті хромом, або наконечники з елконайту.

При зварюванні алюмінію практикується ще прокладання сталених пластин між електродами і виробом. Пластини прокладають для того, щоб запобігти прилипанню алюмінію до електродів і поліпшити теплові умови зварювання. При товщині листів в 1,25—1,5 мм пластини беруть товщиною близько 0,5 мм.

При правильному виборі зварювального режиму, типу машини і відповідного електрода зварювання алюмінію дає сполучення з достатньо високими механічними якостями.

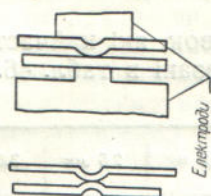
В табл. 45 наведені результати випробувань якості зварювання на розрив зразків, які були зварені на машині типу АНТ-25 внапустку з розміщенням точок в один ряд вздовж напустки. При випробуванні було виявлено сталість значень розривного зусилля, яке припадає на одну точку. Це свідчить про можливість одержання доброї якості зварення кожної точки, якщо машина працює автоматично і режим подобано правильно.

Таблиця 45

Загальна товщина зварюваних листів мм	Діаметр кінця електрода мм	Розривне зусилля сполучення кг	Кількість точок	Розривне зусилля на одну точку кг	Час зварювання в секундах	Споживана потужність квт	З якої кількості зразків виведені середні числа
2	4	58,8	1	58,8	0,6	30	19
2	4	119,0	2	59,2	0,6	30	15
2	4	180,0	3	60,0	0,6	30	8
2	4	68,5	1	68,5	0,6	—	5

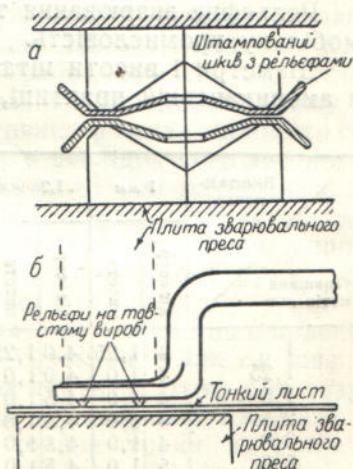
При зварюванні кольорових металів для одержання рівномірної точки рекомендується користуватися електродами із сферичними кінцями.

Величина натиску береться близько $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$ від тиску, потрібного при зварюванні сталі. Сила струму береться приблизно в два рази більша. Для алюмінію рекомендується брати час зварювання не більше 0,8 сек.



Фіг. 127. Виштампування на листовому матеріалі при "многоточковому" зварюванні

Практично зварювальний режим для зварювання алюмінію добирають так: 1) вимикач машини або переривач установлюють так, щоб час вмикання струму був не вище 0,8 сек., 2) тиск електродів підбирають так, щоб на 1 мм² площі точки припадало зусилля порядку 1,0—1,5 кг, 3) зварювальну машину добирають шляхом перемикання ступенів машини. Тиск при зварюванні збільшується доти, поки припиниться обгорання металу під електродом і обгорання самого електрода і точка набуде вигляду правильної гладкої вм'ятини.



Фіг. 128. Приклади многоточкового зварювання

Многоточкове зварювання. Многоточкове зварювання або, що те саме, рельєфне, являє собою видозміну точкового зварювання. Процес полягає в тому, що точки ставляться не спеціальними електродами, а виступами або ребрами, виштампованими на зварюваних виробах. На фіг. 127 показані зразки виштамповок на зварюваних деталях. При зварюванні машина повинна мати електроди з плоскими виступами, або цілком плоскі, бо власне роль електродів як локалізаторів нагріву виконують рельєфи зварюваних листів.

Хоч міцність точок при рельєфному зварюванні трохи менша, ніж при зварюванні тих самих листів точками звичайним способом, все-таки метод рельєфного зварювання має ряд таких переваг: 1) значну продуктивність, 2) простоту догляду за машиною, 3) можливість застосування в тих випадках, коли нагрів виробу має бути мінімальним, 5) можливість зварювання товстих листів з тонкими і т. д.

Рельєфне зварювання набуло широкого застосування при зварюванні однотипних деталей масового виробництва.

На фіг. 128 а схематично показано приклад многоточкового зварювання шківів на спеціальному зварювальному пресі. Переваги многоточкового зварювання в цьому випадку очевидні.

На фіг. 128 б показано метод рельєфного зварювання при сполученні товстого виробу з тонким листом.

Рельєфне зварювання тепер широко впроваджується в автомобільну промисловість.

Діаметри і висоти штамповок, які найчастіше зустрічаються в американській практиці, вказані в табл. 46.

Таблиця 46

Виштамповка	1 мм		1,25 мм		1,5 мм		2,5 мм		3,0 мм		5,0 мм		6,0 мм	
	діаметр	висота	діаметр	висота	діаметр	висота	діаметр	висота	діаметр	висота	діаметр	висота	діаметр	висота
1	4	1,25	4,0	1,25	4,0	1,25	4,5	1,25	5,0	1,25	—	—	—	—
1,25	4	1,0	4,0	1,0	4,0	1,25	4,5	1,25	5,0	1,25	—	—	—	—
1,5	4	1,0	4,5	1,0	4,5	1,00	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25
2,5	4	1,0	4,5	1,0	4,5	1,00	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25
3,0	4	1,0	4,5	1,0	4,5	1,00	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25
5,0	5	1,0	4,5	1,0	4,5	1,00	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25
6,0	5	1,0	5,0	1,0	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25	5,0	1,25

§ 102. Технологія шовного зварювання

Способи шовного зварювання. Шовне або роликоче зварювання застосовується для сполучення цілого ряду деталей з тонких листів, які за своїм призначенням, крім міцності, повинні забезпечувати і герметичність, тобто шво повинно бути щільно-міцним (посудини для газу або рідини). Для створення повної

герметичності можна зварювати і на точкових машинах, розміщаючи точки так, щоб вони стояли поряд одна з одною або трохи перекривали одна одну. Цей спосіб зварювання практичного застосування не набув, бо для одержання довгого міцнощільного шва треба було б поставити дуже багато точок у ряд; але тому що для установаження однієї точки на точковій машині треба опустити електрод для притиснення зварюваної деталі, увімкнути струм і після зварювання підняти електрод і т. д., то подібного роду зварювання було б утруднене і непродуктивне. Тому для шовного зварювання користуються спеціальними машинами, опис яких дано вище.

Характерним для зварювання швом є способи пересування ролика, будова струмопровідних частин і вмикання струму. За будовою струмопровідних частин розрізняють двороликове зварювання і зварювання з використанням оправки і ролика.

Основних способів зварювання три.

1. Неперервне зварювання. Ролики котяться в напрямі шва рівномірно під певним тиском і весь час знаходяться під струмом, — утворюється неперервна лінія точкової зварки.

Цей спосіб дає задовільні результати при зварюванні коротких швів і доброї заготовки. Хиби цього способу такі. Треба підтримувати сталу напругу, — коливання її в межах 5% значно погіршує зварювання; при незначній зміні зварюваної товщини може бути пропал або непровар. Допустима товщина зварюваних листів дуже незначна — не більше 1,5 мм. Останнє пояснюється тим, що зварювані листи треба тримати під тиском електродів доти, поки місце зварювання охолodиться. Тому що рух ролика і подача струму неперервні, то метал виходить слід роликів ще в дуже нагрітому стані, в наслідок чого листи в багатьох місцях відстають один від одного і при матеріалі з сумарною товщиною понад 1,5 мм це явище дуже позначатиметься.

Вказаний спосіб набув застосування при зварюванні виробів на підвищених скоростях, коли переривання струму здійснюється за рахунок коливань змінного струму.

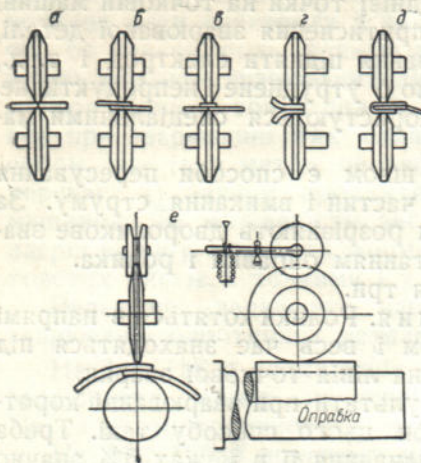
Згідно з практичними даними для одержання міцнощільного шва треба мати від 3 до 5 зварних точок на 1 *лін. см* шва.

Змінний струм дає 50 періодів за секунду, отже при зварюванні першим способом утворюється 100 зварних точок за секунду. Якщо в середньому взяти чотири точки на 1 *лін. см* шва, то за одну секунду треба буде зварити $100 : 4 = 25$ см шва, що становитиме $25 \times 60 = 1500$ см/хв.

2. Ролики котяться в напрямі шва рівномірно під певним сталим тиском; вмикання струму переривчасте. Для одержання переривчастої подачі струму в первинне коло трансформатора вмикається переривач струму, який під час роботи машини дає в середньому 5—15 переривань за секунду. Другий спосіб має над першим цілий ряд переваг: процес зварювання проходить значно стійкіше; регулювання режиму простіше; переривання струму можна регулювати так, що подавана потужність забез-

печить цілком якісне зварювання; пропалювання листів немає, бо в момент проходження струму, якщо навіть ролики і вдвлюватимуться трохи в метал, то в наступний момент вони вийдуть на поверхню холодного металу, і пропалу не буде.

3. Ролики котяться в напрямі шва не рівномірно, а пере-

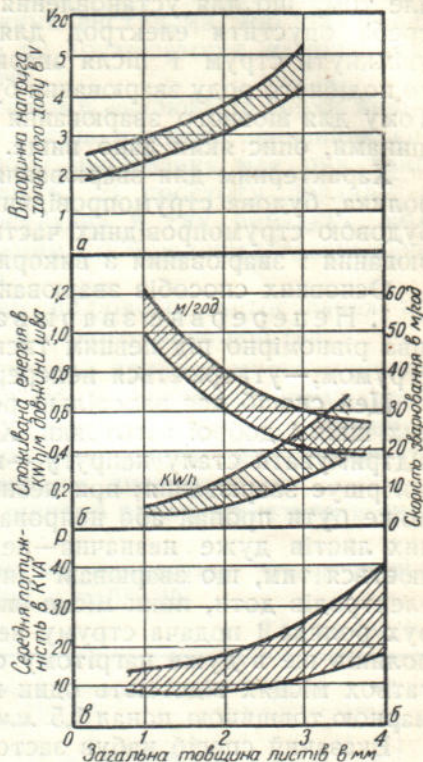


Фіг. 129. Способи шовного зварювання

ривчасто під певним сталим тиском; вмикання струму теж переривчасте. При такому зварюванні метал знаходиться під тиском не тільки під час проходження струму, а і після того, як він буде вимкнений, що забезпечує добре сполучення. За принципом цей спосіб відповідає точковому зварюванню. Не зважаючи на великі переваги з погляду забезпечення якісного зварювання, цей спосіб має і хибі: порівняно складна конструкція машини, більша зношуваність частин механізму і незначна продуктивність зварювання.

Заготовка деталей. Для одержання якісного шва кромки листів, які мають зварювати, треба старанно очистити від оксидів і бруду. Очищають деталі піскострумним апаратом, наждачними кругами або обертовою сталлюю щіткою і травленням у кислоти з подальшою нейтралізацією.

Ролики для зварювання швом. Стан поверхонь верхнього і нижнього роликів має велике значення для зварювання. Треба стежити за тим, щоб контактні поверхні роликів були рівні, без вибоїн, очищені від окалини, і ширина їх в процесі



Фіг. 130. Графіки зварювального режиму шовного зварювання

а—залежність вторинних напруг від товщини зварюваних листів; б—витрата енергії на 1 м шва і швидкість зварювання в м/год; в—межі зварювальної потужності

зварювання мала одну і ту ж величину. Із збільшенням ширини контактної поверхні ролика питома густина струму зменшується—шво може вийти непровареним. Деякі машини мають спеціальні накотні сталі ролики, які під час роботи надають основним зварювальним роликам весь час постійної форми і очищають поверхню ролика від окалини. Зважаючи на те, що ролики в процесі роботи зазнають сильного нагріву, їх треба інтенсивно охолоджувати водою.

На фіг. 129 показані часто застосовувані способи шовного зварювання—встик, внапустку, встик з накладкою і т. д. На фіг. 129 е показано зварювання з одним верхнім роликом і оправкою. Зварювальний ролик притискується накотним роликом за допомогою пружини.

Технічні дані шовного зварювання. На основі випробувань шовних машин типів АШ-8, АШ-16, АШ-40 і АШН-40 заводу „Електрик“ були одержані графіки, наведені на фіг. 130.

Потужності роликових машин залежать від способів зварювання, товщини зварюваних листів, швидкості зварювання і зварюваного матеріалу.

Для зварювання алюмінію потрібна потужність машини прирізно вдвоє більша, ніж для зварювання вуглецевої сталі; для зварювання латуні—в два з половиною рази, для зварювання міді—в три рази більша. Алюміній треба зварювати по можливості швидше. Слід відзначити, що шовне зварювання алюмінію і міді не набуло ще практичного застосування і знаходиться в стадії лабораторних випробувань. Шовне зварювання цинку і латуні дає задовільні результати.

Застосування шовного зварювання. Шовне зварювання набуло широкого застосування в цілому ряді виробництв: в жерстяному, посудному, при виготовленні різних посудин для зберігання і транспортування рідин, бензобаків радіаторів, трансформаторних кожухів, бочок, відер, чайників і інших виробів з тонкого листового металу.

Шовне зварювання заміняє клепання, фальцування і паяння, дає міцно-щільне шво і великий економічний ефект. Порівнюючи для прикладу шовне зварювання з газовим при зварюванні максимально товстих листів, які піддаються роликовому зварюванню, маємо збільшення продуктивності при шовному зварюванні в 5 раз і більше, а при зварюванні деталей з тонких листів продуктивність збільшується в 10—15 раз і більше.

РОЗДІЛ XVII

ГАЗОВЕ ЗВАРЮВАННЯ І РІЗАННЯ МЕТАЛІВ

§ 103. Основи процесу газового зварювання

Процес газового зварювання оснований на розтоплюванні сполучуваних металів за рахунок тепла, яке виділяється при згоранні різних горючих газів в атмосфері чистого кисню.

Як горючі гази при газовому зварюванні використовуються ацетилен, водень, блаугаз, пара бензину та бензолу, світільний газ.

Ацетилен—найбільш поширений газ при газовому зварюванні являє собою хімічну сполуку вуглецю і водню (C_2H_2) і здобувається способом дії води на кальцій-карбід в спеціальних ацетиленових генераторах.

Температура згорання ацетилену в кисні—близько 3200° . Хімічно-чистий ацетилен не має смаку і кольору і дає слабкий ефірний запах. Технічний ацетилен в наслідок домішок має різкий запах і гіркий смак. Суміш ацетилену з повітрям вибухає при вмісті ацетилену в повітрі від 3,55 до 65% за об'ємом. При тривалому стиканні ацетилену з міддю і сріблом утворюються небезпечні щодо вибуху сполуки—мідь-ацетилен і срібло-ацетилен.

При зварюванні ацетилен беруть або безпосередньо з генераторів або з балонів, в яких ацетилен зберігається у розчиненому вигляді. Ацетиленові балони являють собою сталні посудини, наповнені пористою масою (кізельгур, деревне вугілля і ін.). В балон наливають ацетон (ефір-ацетат). В ацетоні ацетилен розчиняється під тиском 15 *ат*. При такому тискові один об'єм ацетону вбирає 360 об'ємів ацетилену. Ацетилен стає вибухонебезпечним при тискові понад 1,75 *ат*. В розчиненому вигляді ацетилен безпечний при тискові 16 *ат*. Ацетиленові балони фарбують в білий колір.

Водень—газ без запаху, кольору і смаку. Температура воднево-кисневого полум'я— 2000° . Для добування водню користуються методами: електrolітичним—розклад води (водень, кисень), контактним—пропускання водяної пари над розжареним залізом. У другому випадку розжарена залізна стружка оксидується киснем водяної пари, а чистий водень збирається у спеціальне газосховище.

Зберігають водень у сталних балонах під тиском в 150 *ат*. Балони фарбують в темнозелений колір з двома червоними кільцями на верхній частині балона і одним червоним кільцем у нижній частині балона.

Блаугаз (за ім'ям інженера Блау, який відкрив цей газ) утворюється як продукт сухого переганання нафти без допливу повітря.

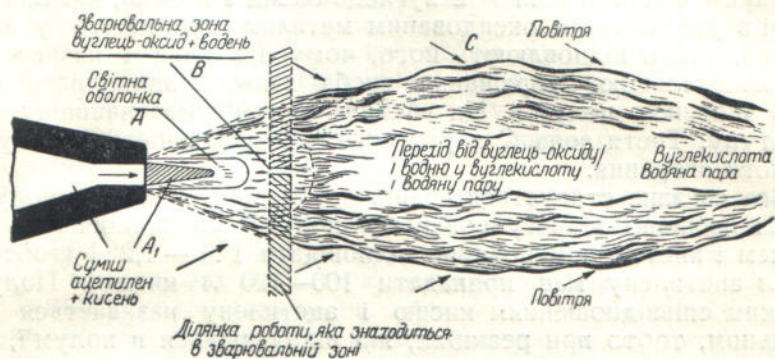
Блаугаз наповнюють у балони під тиском в 100 *ат*. При цьому тискові блаугаз знаходиться в рідкому стані. При випусканні з балона блаугаз розширюється і переходить в газоподібний стан; 1 *кг* рідкого блаугазу дає при випаровуванні 800 *л* газу. Температура полум'я блаугазу в атмосфері кисню досягає $2300-2350^\circ$. Балони, в яких зберігається блаугаз, фарбуються в сірий колір з червоним написом вздовж балона „блаугаз“.

Установка для зварювання блаугазом повинна мати особливий газозбірник, куди спрямовується блаугаз з балона; з огляду на нерівномірне випаровування блаугазу живити зварювальну горілку безпосередньо з балона недоцільно.

В практиці для зварювання блаугаз використовують дуже рідко, бо він потребує спеціальної апаратури, а температура його полум'я порівняно невелика.

Пара бензолу та бензину. Пара бензину дає температуру 2500—2600°, а пара бензолу — 2600—2700°. Різання парою бензину та бензолу набуло досить великого поширення.

Світільний газ є продукт сухого переганання кам'яного вугілля. Склад світільного газу несталій і залежить від режиму переганання. Основні складові світільного газу—водень, метан і вуглець-оксид. В суміші з повітрям (від 10 до 25% світільного газу) світільний газ дуже вибуховий. Температура полум'я світільного газу в атмосфері кисню—1800°.



Фіг. 131. Полум'я ацетилено-кисневої горілки

Не зважаючи на те, що зварювання світільним газом не потребує спеціальної апаратури, воно не набуло широкого застосування через низьку температуру полум'я цього газу.

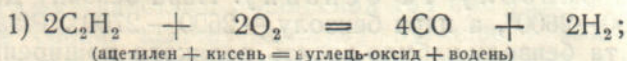
Таким чином з усіх розглянутих вище горючих найбільш ефективним є ацетилен, чому він і набув найбільшого застосування. В дальшому викладі мова йтиме про ацетилено-кисневе зварювання, якщо не буде спеціальних застережень.

Кисень—газ без кольору, запаху і смаку, використовується в газовому зварюванні для одержання високих температур полум'я перелічених горючих газів. Здобувається кисень з повітря способом зрідження і дальшого поділу повітря на кисень і азот. Зберігають кисень в сталених балонах під тиском 150 ат. Балони фарбують в синій колір.

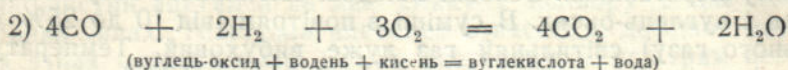
Полум'я ацетилено-кисневої горілки складається з трьох зон. На фіг. 131 ці зони позначені буквами А, В і С.

Перша зона А, яка називається ядром, складається з суміші кисню і ацетилену. Ця зона має різко обкреслений контур із світною оболонкою А. При правильно відрегульованому полум'ї ядро А має конічну форму при невеликих номерах наконечника і майже циліндричну з округленою головкою при великих номерах наконечника. Довжина ядра коливається від 5 до

10 мм залежно від величини наконечника горілки. Друга зона *B* складається в основному з продуктів неповного згорання ацетилену. Реакція горіння ацетилену в кисні протікає в двох фазах:



продукти неповного згорання, сполучаючись з киснем атмосферного повітря, утворюють вуглекислоту і воду за реакцією



Таким чином в зоні *B* є вуглець-оксид і водень, які при стиранні з розтопленим оксидованим металом віднімають у нього кисень, тобто відновлюють його, чому ця зона і називається відновлювальною. Зварювання треба завжди виконувати саме цією частиною полум'я. Ця частина полум'я має найвищу температуру. Третя зона *C* характеризується наявністю продуктів повного згорання.

Все сказане стосується правильно відрегульованого полум'я. При правильному відрегульованому полум'ї співвідношення між киснем і ацетиленом повинно відповідати 1 : 1 — 1,2 : 1 (тобто на 100 л ацетилену має припадати 100—120 л кисню). Полум'я з таким співвідношенням кисню і ацетилену називається нейтральним, тобто при реакціях, які відбуваються в полум'ї, цілком витрачаються і ацетилен і кисень.

Якщо в полум'ї не буде додержано вказане співвідношення і буде, скажімо, надлишок ацетилену, то в полум'ї виявиться надлишок вуглецю, який перейде в натоплений метал.

Полум'я з надлишком ацетилену не має навколо ядра світлої оболонки і при великому надлишку ацетилену має світле забарвлення. При надлишкові кисню з'являється небезпека оксидації натопленого металу. Полум'я при надлишкові кисню має більш різко окреслене ядро з фіолетовим відтінком.

При газовому зварюванні велике значення має якість присадкового прута і флюсів. Кращим присадковим матеріалом при зварюванні звичайного листового матеріалу (маловуглецевої сталі) є дріт з невеликим вмістом вуглецю (0,05—0,15%). Дріт з більшим вмістом вуглецю дає сильне розбризкування. Так само, як і при дуговому зварюванні, сірка і фосфор—шкідливі домішки.

Зварювальний дріт корисно відпалювати, бо це поліпшує стирання крапель в полум'ї горілки. При дуговому зварюванні відпалювання не має рації в наслідок швидкого топлення електрода.

В процесі газового зварювання вигорають такі домішки як вуглець, марганець, силіцій.

В табл. 47 наведені дані вигорання домішок при газовому зварюванні маловуглецевої сталі.

Використовувані при газовому зварюванні флюси, головним чином при зварюванні кольорових металів, мають основне призначення—уберігати розтоплений метал від оксидації і розчиняти оксиди, які утворюються. Склад флюсів різний залежно від роду зварюваного металу.

Таблиця 47

	C	Mn	Si	S	P
Присадковий дріт	0,12	0,50	0,025	0,03	0,03
Наготплений метал	0,04	0,10	0,007	0,03	0,03

§ 104. Основи процесу газового різання

Газове різання металів являє собою процес згорання металу в струмені кисню. Цим воно істотно відрізняється від всіх інших видів різання металів, в тому числі і від електродугового, при якому метал не згорає, а топиться по лінії розрізу і стікає вниз.

При згоранні металу в кисні утворюється велика кількість тепла, за рахунок якого нагріваються сусідні частинки металу, і процес різання йде неперервно. Цьому процесові піддаються тільки ті метали, які відповідають таким умовам:

1. Температура спалахування металу в атмосфері кисню має бути нижча від температури його топлення, бо в противному разі метал буде раніше витоплюватися і не горітиме, а тому не вистачить тепла на безперервний процес горіння металу; крім того, в цьому випадку лінія розрізу буде широкою і нерівною.

2. Оксиди металу повинні топиться раніше, ніж самий метал, інакше струмина ріжучого кисню стикатиметься з твердими частинками оксидів і різання не зможе продовжуватися.

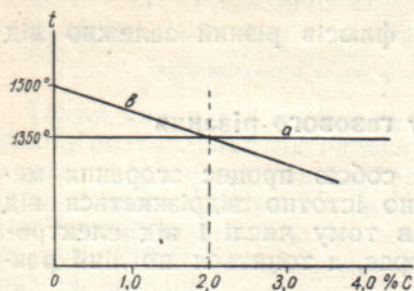
3. Теплопровідність металу не повинна бути великою, щоб не було швидкого відведення тепла від місця різання.

Всім цим умовам відповідають залізовуглецеві стопи, в яких вуглецю міститься до 2%. На фіг. 132 показана крива *b* топлення залізо-вуглецевих стопів залежно від вмісту вуглецю і крива *a* температури горіння залізу в кисні. З цього графіка видно, що стопи заліза з вуглецем, в яких вуглецю міститься не більше 2%, піддаються газовому різанню; стопи ж, в яких вміст вуглецю більше 2%, мають точку топлення нижче точки спалахування, тому газовому різанню не піддаються. Чавун також не ріжеться газом звичайним способом.

Можливість застосування газового різання для спеціальних сталей визначається родом і кількістю домішок. Сталі, в яких міститься 13% марганцю і 1,3% вуглецю, ріжуться добре. Щоб уникнути тріщин, рекомендується метал перед різанням підігріти. Сталі з вмістом силіцію до 4% піддаються різанню. Хромисті сталі з вмістом хрому від 7% і вище не ріжуться. Нікельові сталі з вмістом нікелю до 7% ріжуться

добре. Кольорові метали не піддаються газовому різанню з причин, викладених вище.

Дослідження показують, що вплив тепла при газовому різанні на структуру металу менший, ніж при інших способах. Наприклад, при різанні ножицями в холодному стані сталі товщиною 15—30 мм утворюється наклеп металу на 10—15 мм від краю різу, тоді як при газовому різанні зміна структури металу відбувається на глибину 1,2—2 мм. Тимчасовий опір розриву поблизу краю різу підвищується на 3—4 кг/мм² з одночасним спаданням здовження до 5%.



Фіг. 132. Криві температур тиснення і горіння залізобуглецевих стовпів

Щодо чистоти кромки різу, то при використанні спеціальних автоматів в більшості випадків вони не потребують після різання додаткової обробки. При ручному різанні також можна досягти чистого розрізу, але не в тій мірі, як при автоматі, бо важко зберегти рівномірність поступного руху різачка.

Техніка широко використовує газове різання в різних галузях. Особливо зручне різання металу по кривих лініях. Газове різання часто буває економічнішим від інших способів, особливо при товстому матеріалі.

Газове різання застосовують для виготовлення деталей, які звичайно виготовляли ковальським способом, наприклад, деталі паровоза: куліси, дишла, серги для ресор і ін. Окремі частини зварних деталей, наприклад станини різних верстатів, замість вилання заготовляють також за допомогою газового різання. Широко використовується газове різання при видаленні прибутків або ливників у ливарних цехах, розрізанні броньових плит товщиною до 1000 мм і т. д.

Виготовлення різних деталей способом газового різання обходиться в 2—4 рази дешевше, ніж при інших способах обробки.

§ 105. Ацетиленові генератори

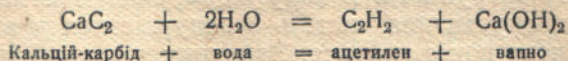
Ацетиленовими генераторами називаються апарати для добування ацетилену з кальцій-карбідом. Ацетиленові генератори можна поділити: 1) за принципом дії, 2) за тиском ацетилену в них, 3) за продуктивністю.

За принципом дії генератори поділяються: 1) на апарати, які працюють за системою „карбід у воду“, 2) „вода на карбід“ і 3) за контактною системою.

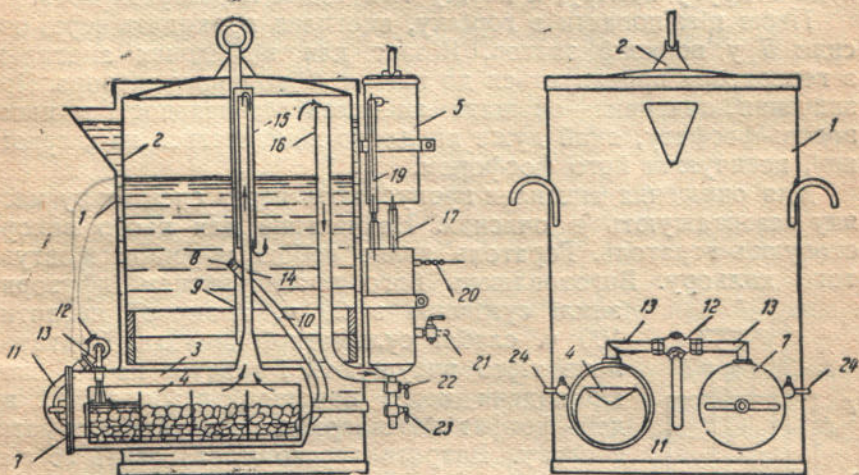
За тиском генератори можна поділити: 1) на генератори низького тиску, в яких тиск ацетилену не перевищує 0,05 ат, або 500 мм водяного стовпа; 2) генератори середнього тиску,

в яких тиск ацетилену коливається від 0,05 до 0,5 ат, або від 500 до 5000 мм водяного стовпа; 3) генератори високого тиску, в яких ацетилен знаходиться під тиском від 0,5 до 1,5 ат, або від 5000 до 15000 мм водяного стовпа.

За продуктивністю генератори можуть бути малої потужності—до 3000 л ацетилену за годину, середньої—до 10000 л/год, високої—понад 10000 л/год. Одержання ацетилену в ацетиленових генераторах ґрунтується на розкладі кальцій-карбіду водою за реакцією:



Розглянемо генератори, виготовлювані в Радянському Союзі. Генератор „Рекорд“. Це генератор низького тиску системи „вода на карбід“. До 1930 р. генератори цього типу виготовляли



Фіг. 133. Генератор „Рекорд“

різної продуктивності—від 1000 до 10000 л/год. Тепер ці генератори випускають під маркою РА продуктивністю 1000 л/год.

Конструкція генератора показана на фіг. 133. В циліндричному корпусі генератора поміщається ковпак 2, який служить газгольдером. В корпусі поміщені зарядні камери 3, в які вставляються зарядники 4 з карбідом. Камери герметично закриваються кришками 7. В корпусі 1 міститься вода до певного рівня. За допомогою гумового шланга 10, прикріпленого ніпелем 8 до трубки 9, вода з корпуса надходить через триходовий кран 12 у зарядники з карбідом.

Ацетилен, який утворюється, по трубці 14, зверху прикритій ковпачком 15, виходить в газовий простір газгольдера. Ковпачок 15 служить запобіжним заходом проти можливості виходу ацетилену з газгольдера при відкритті кришки камери для перезарядження зарядника. Крім того, наявність ковпачка примушує ацетилен проходити через воду, яка його очищає.

В міру накупчення ацетилену в газгольдері він підіймається. Тиск визначається вагою газгольдера. Нарешті настає момент, коли ніпель 8, через який вода надходить в зарядні камери за допомогою труби 10, виходить з водного простору (ніпель 8 припаяний до трубки 9, зв'язаної з газгольдером). Вода перестає надходити в зарядні камери, газоутворення припиняється і дальше збільшення тиску і підймання газгольдера також припиняються. Ацетилен з газгольдера відбирається за допомогою труби 16. В міру відбирання ацетилену газгольдер починає опускатися, ніпель 8 занурюється у воду, і газоутворення знову поновлюється. Зарядник для карбіду має кілька відділів і карбід розкладається послідовно у кожному відділі. Після розкладу карбіду в усіх відділах зарядника однієї камери за допомогою триходового крана 12 переключають надходження води в другу камеру, а першу тим часом перезаряджають.

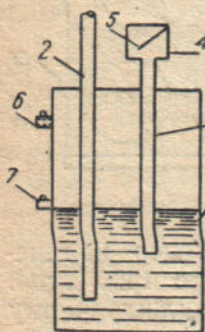
Перш ніж попасти в горілку, ацетилен проходить через очисник 5 у водяний затвор. Шланг для відведення ацетилену з генератора приєднується до ніпеля 20 водяного затвора. Призначення очисника—очищати ацетилен від наявності в ньому водень-фосфату, який дуже шкідливо відбивається на зварному шві, насичуючи його фосфором.

Для очищення ацетилен пропускають через спеціальну масу, яку завантажують в очисник. Найчастіше для цього використовують гератоль. Гератоль являє собою порошок жовтуватого кольору. Виготовляють його просочуванням інфузорної землі сумішшю з 20 ч. хромової кислоти і 100 ч. слабкої сульфатної кислоти. Приготовлене тісто висушують і товчуть на порошок. Проходячи через порошок, газоподібний водень-фосфат перетворюється в рідку фосфатну кислоту. Витрата гератолю становить 35 г на 1 м³ ацетилену. Відпрацьований гератоль набуває бурого відтінку.

Крім водень-фосфату, який видаляють з ацетилену хімічним способом, в ацетилені є ще амоніак і водень-сульфід. Від цих домішок ацетилен очищають промиванням, тобто пропусканням його через воду, яка розчиняє ці домішки. В генераторі „Рекорд“, як говорилося вище, є ковпачок 15, який примушує ацетилен проходити через воду. Водяний затвор уберігає газгольдер від попадання в нього іскри при зворотньому ударі полум'я в горілку і від попадання гримучої суміші при забиванні мундштука горілки.

Водяні затвори бувають різних систем. В усіх системах перепороною для проникнення вогню в газгольдер служить вода.

Будова водяного затвора стане зрозуміла з розгляду фіг. 134. У посудину 1 наливається вода до рівня контрольного краника 7. Ацетилен подається по трубці 2 і відводиться в шланг через



Фіг. 134. Схема водяного затвора

краник 6. Трубка 3 називається запобіжною і закінчується воронкою 4, через яку в затвор наливається вода. Заслінка 5 перешкоджає викиданню води при зворотних ударах.

При нормальній роботі ацетилен з трубки 2 проходить через воду і виходить через краник 6 у шланг. При зворотному ударі, коли вибухова суміш ацетилену з киснем з величезною швидкістю попадає у водяний затвор через краник 6, вода під тиском вибухової хвилі заповнює трубку 2 і не пускає вибухову хвилю або полум'я далі в газгольдер. Кінець трубки 3 оголюється спід води, і вибухова хвиля разом з частиною води викидається через воронку 4 в атмосферу.

Для правильної роботи генератора „Рекорд“ його треба установлювати горизонтально. В кожний зарядник завантажують по 2 кг карбіду грануляції 15×25, 25×30 і 50×80 мм. Вода в корпус наливається до позначки. Генератор починає діяти при відкриванні крана 12 на одну із зарядних камер. Коли треба припинити утворення ацетилену, кран 12 закривають.

Тиск газу, визначуваний вагою газгольдера, в генераторі „Рекорд“ коливається від 120 до 140 мм водяного стовпа; отже, це генератор низького тиску. Витрата води становить 5—6 л на 1 кг розкладуваного карбіду. Загальна кількість води в генераторі становить 65—70 л. Габаритні розміри генератора: діаметр—450 мм, висота—1280 мм, вага без води—50 кг.

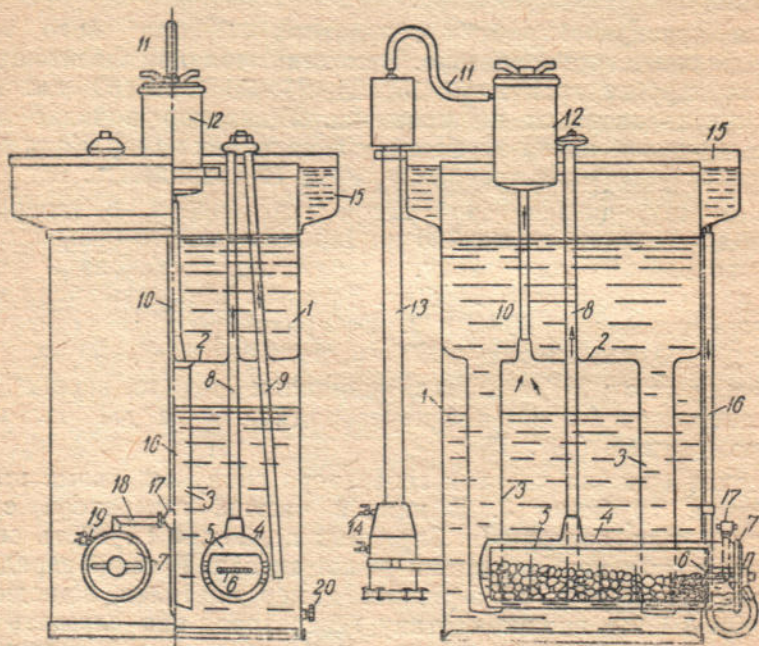
Генератор МГ працює за принципом „вода на карбід“. Корпус генератора 1 поділений перегородкою 2 на дві частини—верхню і нижню (фіг. 135).

Верхня і нижня частини генератора сполучені двома циркуляційними трубками 3. В нижній частині генератора є дві камери 4 для зарядників. Зарядник поділений на шість секцій вертикальними перегородками різної висоти. В секції зарядника вкладається карбід. Із зарядних камер ацетилен відводиться трубами 8 і 9 в нижню частину генератора, яка служить газгольдером. В міру накопчення ацетилену в нижній частині генератора рівень води у верхній частині генератора підіймається, бо по циркуляційних трубах 3 під тиском ацетилену вода переходить у верхню частину генератора. З нижньої частини генератора по трубі 10 ацетилен іде в шланг через очисник 12 і водяний затвор 13.

Вода в зарядні камери подається по трубі 16 і триходовому крану 17 з кільцевого резервуара 15, що опоясує верхню частину корпусу 1. Вода заповнює секції зарядника по черзі. Спочатку вода заливає секцію з найнижчою перегородкою. Ацетилен, що виділяється, підвищує в камері тиск, і доступ води із сифонної трубки 16 припиняється. В міру витрачання ацетилену тиск спадає, і вода заповнює другу секцію, що дає нову порцію ацетилену, і т. д.

Після розкладу карбіду в одному заряднику триходовим краном 17 спрямовують воду до другої камери.

Пуск генератора здійснюється так. Наливають у корпус генератора воду до рівня 50 мм вище перегородки 2. Краник 14 на водяному затворі при цьому повинен бути відкритий, щоб витискуване з нижньої частини генератора повітря могло вільно виходити. Кільцевий резервуар 15 наповнюють водою до країв. Триходовий кран 17 при цьому має бути закритий. Зарядники завантажують карбідом грануляції 15×25 або 25×50 мм до половини висоти кожної секції. Камери закривають щільно кришками і після цього перекивають кран 17 на праву камеру. Після того як з'явиться ацетилен, відкривають краник 19, через



Фіг. 135. Генератор МГ

який ацетилен своїм тиском витісняє повітря з камери. Таким чином права камера підготовлена до роботи.

Після цього триходовим краном 17 відкривають воду в ліву камеру, на якій і ведуть роботу. Таким чином одна з камер включається в роботу, а друга підготовляється до роботи, і експлуатація генератора йде без перебоїв.

Продуктивність генераторів МГ становить 2000—2500 л/год. Час перезарядження камер при повній продуктивності становить 15—25 хвил. Витрата води в генераторах МГ становить 5—5,5 л на 1 кг карбіду.

Основними перевагами генераторів МГ є такі: 1) сталість робочого тиску (300—500 мм водяного стовпа), 2) добре охолодження ацетилену, 3) добре промивання і 4) зручне обслуговування.

Ці генератори виготовляє трест ВАТ на Ленінградському заводі „Красный автоген“. Габаритні розміри генератора: висота 1140 мм, діаметр—590 мм, вага без води—80 кг.

Стационарні генератори. Розглянуті досі генератори належать до переносних, що обслуговують одного газозварювальника. Для живлення великих цехів будують генератори великої продуктивності, установлювані в спеціальному приміщенні. Ацетилен з генератора в місце споживання подається спеціальним трубопроводом. В СРСР такі генератори виготовляє Московський автогенний завод ВАТ двох систем: „вода на карбід“ і „карбід у воду“. Генератори „вода на карбід“ випускають під маркою СТБК. Установка такого генератора складається із самого газоутворювача (власне генератора), газгольдера, двох очисників, регулятора тиску і водяного затвора. Між собою окремі апарати сполучені комунікацією труб.

Таблиця 48

Марка генератора	Нормальна продуктивність л/год.	Завантаження карбід у одну камеру кг.
СТБК-0	5000	12,5
СТБК-1	7500	25
СТБК-II	15000	50
СТБК-III	32000	100

Обслуговують такі генератори спеціальні генераторники. Дані про продуктивність генераторів СТБК наведені в табл. 48. Тиск газу в генераторах СТБК дорівнює 2800—3200 мм водяного стовпа.

Генератори „карбід у воду“ випускаються під маркою СТКВ і складаються також з кількох окремих апаратів: самого генератора, газгольдера, допоміжно-

го генератора, скрубера (промивача), очисника і водяного затвора. Тиск у газгольдері СТКВ дорівнює 300—400 мм водяного стовпа.

Як і генератори СТБК, генератори СТКВ виготовляють різної потужності. В табл. 49 наведені дані про продуктивність генераторів СТКВ.

Таблиця 49

Марка генератора	Нормальна продуктивність л/год	Одночасове завантаження кг
СТКВ-I	5500	30
СТКВ-II	7500	60
СТКВ-III	12000	125
СТКВ-IV	21000	250
СТКВ-V	36000	500
СТКВ-VI	60000	750
СТКВ-VII	90000	1000

§ 106. Зварювальні горілки

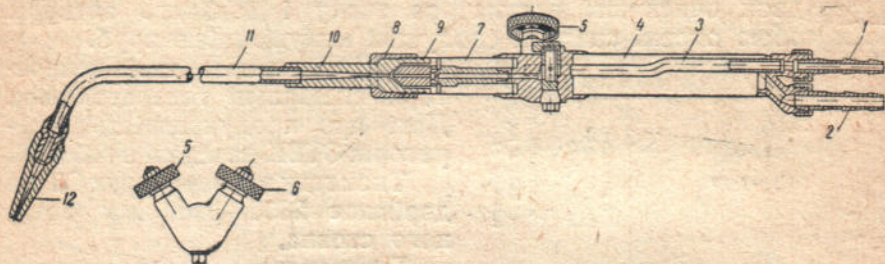
Горілка служить для створення концентрованого зварювального полум'я з високою температурою.

На фіг. 136 зображена горілка СУ Московського автогенного заводу. Горілка СУ (зварювальна універсальна) може служити і для різання, якщо до неї приєднати різальний наконечник.

Кисень надходить через ніпель 1, на який надягається гумовий шланг з кисневого балона, в трубку 3. Ацетилен надхо-

дить через ніпель 2, на який надягається гумовий шланг від ацетиленового генератора, в пустопорожню рукоятку 4. Вентилі 5 і 6 регулюють кількість надходження газів у горілку.

До горілки додається комплект змінних наконечників різних розмірів для зварювання листів різної товщини. Кожний наконечник складається із змішувальної камери 10, інжектора 9, що вкручується в неї, накидної гайки 8, трубки наконечника 11 і мундштука 12. Призначення інжектора таке. Кисень надходить у горілку під тиском 3—4 ат і з великою швидкістю проходить через центральний отвір інжектора (сопло). Внаслідок цього в круговому отворі інжектора, по якому йде ацетилен під дуже малим тиском, створюється сильне розрідження, і в камеру 10 засисується потрібна кількість ацетилену.



Фіг. 136. Горілка СУ

Наконечники до корпусу горілки приєднують так. Наконечник із змішувальною камерою вставляють у ствол горілки 7 і зверху на ствол накручують накидну гайку 8. Трубки наконечника і змішувальної камери між собою спаяні. Мундштук вкручується на різьбі, що полегшує його чистиння і зміну.

Круговий отвір інжектора для проходження ацетилену зроблений у вигляді окремих канавок, перегородки яких відіграють роль вбирачів тепла при зворотних ударах полум'я горілки. Інжекторна горілка може працювати при тискові ацетилену від 100 мм водяного стовпа до 1,5 ат.

Швидкість виходу суміші газів з мундштука коливається для горілки СУ в межах 130—160 м/сек. Горілка СУ має вісім змінних наконечників з номерами від 0 до 7 для зварювання металу товщиною від 0,5 до 30 мм.

Крім горілок СУ, ВАТ випускає горілки СМ і АС. Горілка СМ є горілкою полегшеного типу (вага з наконечником 700 г), використовуваною для зварювання малих товщин—0,2—6 мм. Своєю конструкцією ця горілка нічим не відрізняється від горілки типу СУ. Горілка СМ має шість змінних наконечників за номерами 00—4.

У горілки АС корпус зроблений з дюралюмінію. Кількість наконечників така сама, як і у горілки СУ. Її перевага в тому, що вона легша від горілки СУ на 25%.

Примірна витрата газу і використання наконечників при даній товщині металу для горілок СУ і АС вказані в табл. 50.

№ наконечника	0	1	2	3	4	5	6	7
Товщина зварюваних металів, мм	0,5—1	1—2	2—4	4—6	6—9	9—14	14—20	20—30
Витрата ацетилену, л/год	75	150	300	500	750	1200	1700	2500
Витрата кисню, л/год	80	165	330	550	850	1350	1950	3750

Експлуатація горілок. Горілка—досить чутливий інструмент і потребує грамотного поводження.

При сильному нагріві мундштука, коли тепло горілки відбивається від зварювальної площини, особливо при кутовому зварюванні, в горілці спостерігаються хлопки полум'я. Пояснюється це тим, що під впливом нагріву зменшуються підсилення і кількість ацетилену, яка надходить в горілку. Витрата кисню при цьому залишається сталою, і тому співвідношення між газами збільшується. Тому що суміш збагачується киснем, то збільшується можливість спалахування ацетилену в трубці наконечника і мундштука горілки. Коли мундштук нагріється до 450—550° (температура спалахування цієї суміші), то суміш загорається до виходу з мундштука, що дає хлопок або зворотний удар полум'я в горілку.

В цих випадках горілку замочують у воді, закривши перед тим вентилі. Причиною хлопків може бути також засмічення вихідного отвору мундштука, що також зумовлює зміну співвідношення суміші. Чистити вихідний отвір треба дерев'яною або латунною прочищалкою, але ні в якому разі не сталлюю, бо це може привести до збільшення діаметра отвору мундштука і до порушення нормальної роботи горілки.

Хлопки можуть появитися також при різкому зменшенні тиску кисню, що зменшує швидкість витікання горючої суміші з мундштука горілки. Для нормальної роботи зварювальної горілки треба, щоб швидкість витікання горючої суміші була більша від швидкості її спалахування.

Перед початком роботи з горілкою, її треба перевірити. Для цього надягають кисневий шланг на кисневий ніпель, відкривають кисневий вентиль горілки, попередньо відрегулювавши тиск редуктором на кисневому балоні. Після цього перевіряють підсилення в ацетиленовому ніпелі горілки, приклавши до ніпеля палець або губу. Якщо підсилення в ацетиленовому ніпелі є, то горілка працює правильно і до неї можна приєднати ацетиленовий шланг. Після цього приступають до роботи. Якщо підсилення немає, то горілка несправна і потребує ремонту.

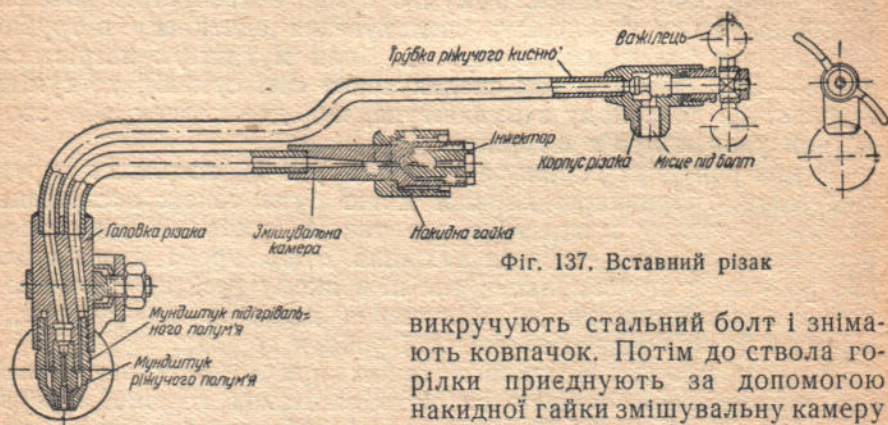
При запалюванні горілки треба спочатку відкрити кисневий вентиль, після цього ацетиленовий і тоді піднести сірник. Після запалювання треба відрегулювати полум'я, поступово прикриваючи ацетиленовий вентиль до утворення нейтрального полум'я. Якщо установа нейтральне полум'я не вдається, то

горілку треба „прохлопати“, тобто прочистити способом створення штучних хлопків. Для цього зменшують кількість ацетилену, полум'я спрямовують на дерев'яний брусок і потім швидко закривають кисневий вентиль. Хлопки, які при цьому утворюються, повторюють 4—5 раз. При гасінні горілки спочатку закривають ацетиленовий вентиль, а потім кисневий.

§ 107. Газові різакі

Відмінність різаків від зварювальних горілок полягає в тому, що в різакі, крім пристрою для змішування горючого газу з киснем, є додаткова трубка для підведення ріжучої струмینی кисню і спеціальний мундштук для подачі горючої суміші і кисню для різання.

Вище було сказано, що зварювальна горілка СУ може служити і для різання, якщо до неї приєднати різальний наконечник. Різальний наконечник називається вставним різакіком. Прикріплення вставного різакіка здійснюється так. Із ствола горілки



Фіг. 137. Вставний різакік

викручують сталевий болт і знімають ковпачок. Потім до ствола горілки приєднують за допомогою накидної гайки змішувальну камеру вставного різакіка (фіг. 137), а замість ковпачка вставляють корпус вставного різакіка. Потім у ствол горілки знову закручують болт, який притягує корпус різакіка до ствола горілки.

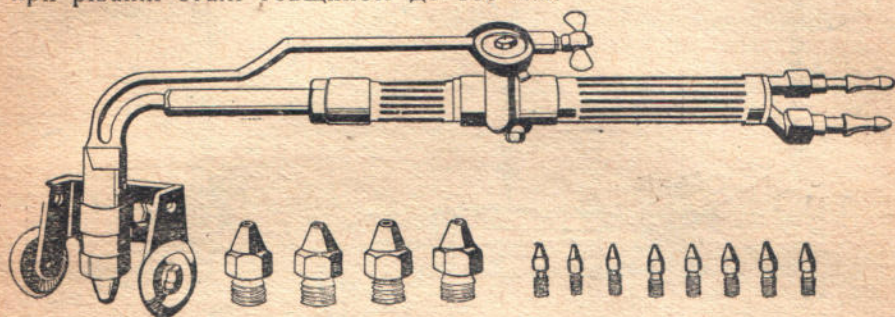
У складеному вигляді різакік показаний на фіг. 138. Різакік працює так. Кисень, який надходить в різакік, проходить по трубці і в корпусі розгалужується в двох напрямках: частина кисню, яка йде в підігрівальне полум'я, надходить в інжектор, підсилює ацетилен і далі у вигляді суміші проходить в головку різакіка (фіг. 137).

Друга частина кисню, яка витрачається в ріжучій струміні, проходить через отвір болта в корпус вставного різакіка і далі по трубці ріжучого кисню також надходить в головку. Витрата підігрівального кисню і ацетилену регулюється за допомогою вентилів ствола горілки, а витрата ріжучого кисню—спеціальним вентилям, який замість маховичка має важілець. Будова цього вентиля забезпечує надійне регулювання подачі кисню.

Будова цього вентиля забезпечує надійне регулювання подачі кисню.

В головці різака є канал для проходження горючої суміші підігрівального полум'я і канал для ріжучого кисню. В головку вкручується внутрішній ріжучий мундштук і зовнішній підігрівальний мундштук. Між обома мундштуками є кільцевий простір, куди і проходить горюча суміш.

Вставний різак має комплект підігрівальних і ріжучих мундштуків, використовуваних для різання металів різних товщин. В табл. 51 наведені дані для вибору мундштуків і тиску кисню при різанні сталі товщиною до 100 мм.



Фіг. 138. Вставний різак (загальний вигляд)

Таблиця 51

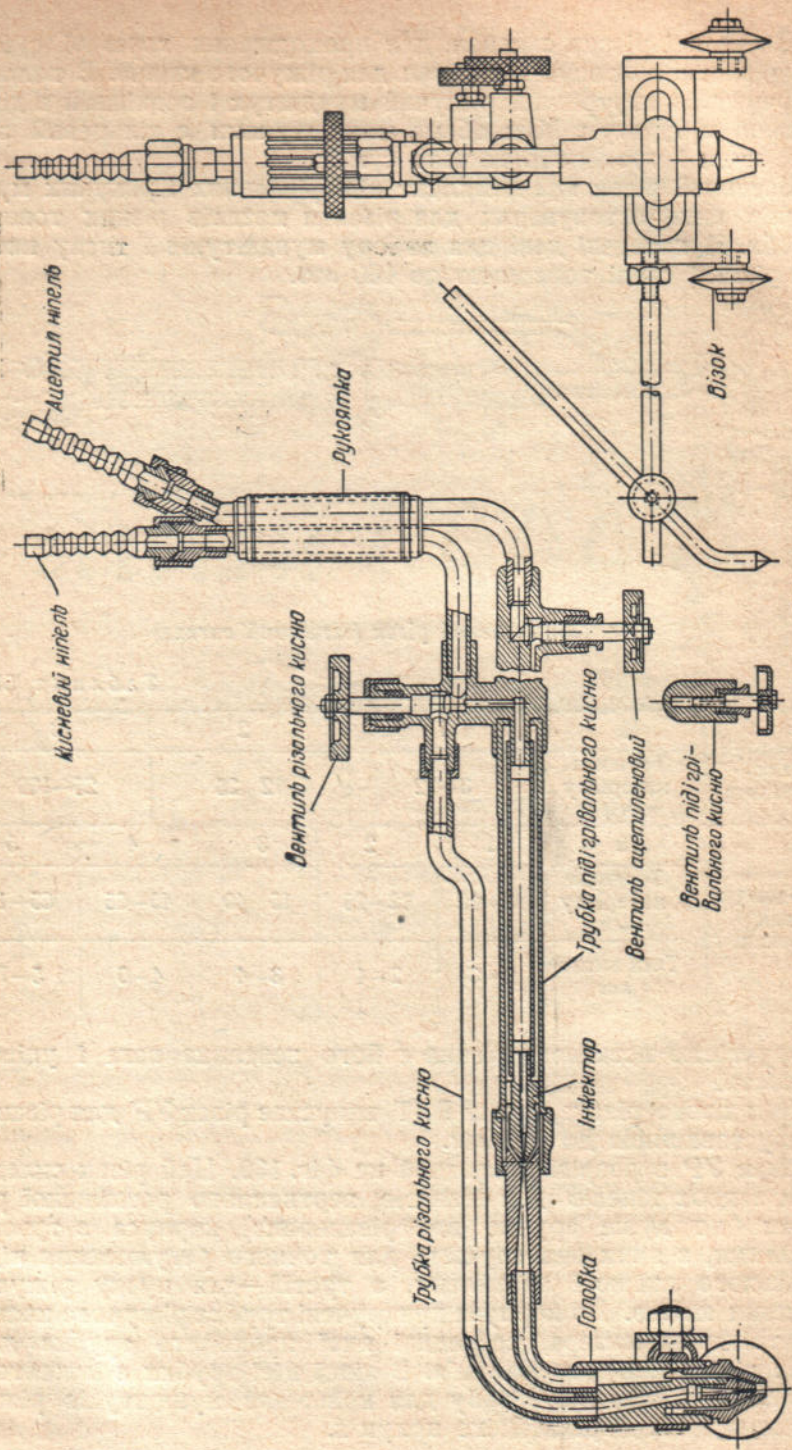
Мундштук для підігрівання	№	1	2	3		
	Товщина матеріалу мм	3—12	12—25	25—100		
Мундштук для різання	№	1	2	3	4	5
	Товщина матеріалу мм	3—12	12—25	15—40	40—65	65—100
	Тиск кисню ат	2—3	2—4	3—4	4—6	5—7

Зручністю вставного різака є його невелика вага і універсальність.

Крім цього різака, трест ВАТ випускає різак УР для різання металу товщиною до 300 мм.

Різак УР в розрізі показаний на фіг. 139. Цей різак складається з двох ніпелів для шлангів, вертикально розміщеної рукоятки (що дуже зручно для різальника), корпусу з трьома вентилями, з яких два служать для точного регулювання підігрівального кисню і ацетилену, а третій—для пуску ріжучої струмнини кисню. До корпусу прикручені трубка ріжучого кисню і ацетиленова камера, всередині якої проходить трубка для кисню підігрівального полум'я. В кінці цієї трубки є інжектор.

Головка різака має різьбу для кріплення мундштуків ріжучого кисню і підігрівального полум'я.



Фіг. 139. Розріз різача УР

Різак УР, як і вставний, має каретку з двома роликками, які пересуваються по площині розрізаного металу. Це усуває потребу тримати на вісу різак під час роботи і забезпечує сталість віддалі між вихідним отвором мундштука і розрізуваним металом.

Візок дає можливість ставити різак під кутом 45° , що дуже полегшує роботу при різанні кромок під зварювання.

При різанні фланців і інших круглих деталей до візка прикріплюється циркуль, що полегшує різання по колу. Підігрівальні і різальні мундштуки різачка УР добираються на основі даних табл. 52.

Таблиця 52

Мундштук для підігрівання	№	1		2	
	Товщина матеріалу <i>мм</i>		3—100		100—300

Мундштук для різання	№	1	2	3	4	5	6	7	8
	Товщина матеріалу <i>мм</i>		3—12	12—25	25—40	40—65	65—100	100—150	150—200
Тиск кисню, <i>ат</i>		2—3	2—4	3—4	4—6	5—7	6—8	7—9	8—10

Експлуатація різаків. Перед початком роботи перевіряється наявність підсисування тим самим методом, що і при перевірці горілки. При запалюванні ацетиленовий вентиль різачка відкривають повністю, а вентиль для кисню підігрівального полум'я—на небагато. Після цього запалюють і регулюють полум'я. Правильно відрегульоване полум'я має ясно окреслене ядро у вигляді вінчика без окремих язиків, які появляються при засміченні мундштука.

Відрегулювавши до нормального підігрівальне полум'я, відкривають вентиль ріжучої струмини кисню, стежачи за тим, щоб ріжуча струмина знаходилася в центрі підігрівального полум'я.

Для гасіння різачка спочатку закривають ацетиленовий вентиль, а потім—кисневий.

§ 108. Газорізальні машини

При масовому виготовленні деталей за допомогою газового різання доцільно механізувати процес різання.

При ручному різанні навіть у досвідчених і кваліфікованих різальників спостерігаються дефекти в роботі: нерівна поверхня розрізу, обтоплення кромки, не цілком точне додержання форми деталей. При автоматичному різанні цих дефектів можна уникнути. Крім того, продуктивність ручного різання нижча від автоматичного. Газорізальні машини бувають двох типів: 1) напівавтоматичні, в яких пересування здійснюється механізованим способом від електродвигуна і напрям різання устанавлюється вручну, якщо різання не виконується по прямій або по колу;

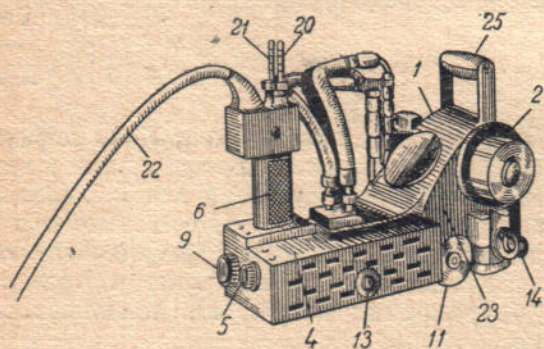
2) автомати, в яких і пересування і напрям різання виконуються автоматично.

Трест ВАТ випускає напівавтомат типу СК і автомат типу АС.

Напівавтомат типу СК (фіг. 140) складається з алюмінієвого корпусу 1 з електродвигуном потужністю 60 *вт*, що працює як від постійного, так і від змінного струму напругою 110–120 *в*. Електродвигун за допомогою шестерень сполучається з ведучим роликом, захищеним азбестом від дії полум'я різачка. Число оборотів мотора, а значить, і швидкість руху напівавтомата регулюються реостатом за допомогою маховичка 5. Маховичок переміщає вказівник, на шкалі якого нанесені ділення, що відповідають різній товщині розрізаного металу. На початку різання вказівник реостата ставиться проти відповідного ділення. Під рукояткою 6 розміщені: вентиль, який подає кисень для підігрівального полум'я, вентиль для ацетилену і вентиль для ріжучого кисню.

Напівавтомат пускається в хід поворотом маховичка 9 проти годинникової стрілки до відказу, при цьому одночасно відкривається вентиль для ріжучого кисню,

вмикається електродвигун і починається рух напівавтомата. При повороті маховичка в протилежну сторону закривається кран для ріжучого кисню і одночасно з цим вмикається електродвигун. Крім ведучого ролика, на корпусі є опорна кулька, опорний боковий



Фіг. 140. Напівавтомат для газового різання

ролик 11 і допоміжні ролики для пересування напівавтомата в неробочому стані, коли ролики підняті над розрізуваним матеріалом.

Ролики 13 і 14 служать для копіра. Вони потрібні тільки при роботі по напрямній, якою є звичайне кутове залізо 40×40×5 *мм*, вигнуте відповідним способом по лінії розрізу. В цьому випадку ролики 13 і 14 ставлять на ребро копір-косинця.

На лівій стороні приладу установлений супорт, до полозків якого гвинтом кріпиться різак, що працює на ацетилені низького або високого тиску. Обертаючи рукоятку, можна переміщати різак вздовж супорта; ослабивши болт, можна надати різачку похилого положення до 30°. За допомогою гвинта бокового супорта можна також переміщати різак на невелику довжину для надрізання металу при різанні кіл.

Для установлення різачка під певним кутом є шкала на дузі супорта.

Кисень і ацетилен подаються шлангами 20 і 21. Струм підводиться гнучким шнуром 22. Ручка 25 служить для перенесення напівавтомата.

Напівавтоматом СК можна виконувати різні газорізальні роботи і різати по яких завгодно кривих, не користуючись шаблоном. Різальник повинен спрямовувати апарат рукояткою 6 так, щоб сопло горілки просувалося по заздалегідь наміченій лінії відрізу.

Різати по прямій лінії можна цілком автоматично, використовуючи як напрямну звичайне кутове залізо розміром $40 \times 40 \times 5$ мм. Для цього кутове залізо кладуть на метал, який треба різати, на певній віддалі від лінії розрізу і закріплюють за допомогою струбцинок. Апарат установлюють так, щоб два бокові ведучі ролики 13 і 14 опиралися на вертикальну полицю косинця. При вирізанні по колу апарат працює автоматично. Для цього користуються циркулем, штангу якого вкручують у спеціальний отвір в апараті.

Табл. 53 і 54 характеризують роботу напівавтомата.

Таблиця 53

Витрата кисню при різанні напівавтоматом типу СК

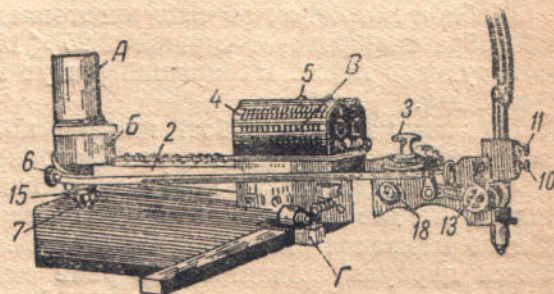
Товщина металу мм	Витрата кисню л/хв. м
4	45
5	54
10	85
20	165
50	600
80	1200
100	1370

Таблиця 54

Вибір наконечників різачка напівавтомата СК

Товщина заліза мм	№ внутрішнього наконечника	№ зовнішнього наконечника	Тиск кисню ат
3 — 12	1	1	2 — 3
12 — 25	2	2	2 — 4
25 — 40	3	3	3 — 4
40 — 65	4	3	4 — 6
65 — 100	5	3	5 — 7

Автомат типу АС (фіг. 141) складається з таких основних частин: 1) електродвигуна А потужністю 60 вт, напругою 110—120 в, що приводить в рух машину і працює на змінному і постійному струмі; 2) ведучої головки Б, яка складається з диференціала і коробки з набором шестерень; 3) реостата В, що регулює швидкість руху машини; 4) напрямної роликової коробки Г з поперечними і поздовжніми штангами; 5) різачка, який працює на ацетилені або (на спеціальне замовлення) на парі



Фіг. 141. Газорізальний автомат АС

або (на спеціальне замовлення) на парі

бензину або бензолу; 6) механізму управління машини для різання за рисунком і за розміткою; 7) пристрою для різання по колу.

Цим автоматом можна різати листову сталь на площі 750×450 мм по прямих і кривих якого завгодно напрямку. Автоматом можна управляти вручну або він управляється автоматично за допомогою шаблона або циркуля.

Автомат установлюють на міцному і стійкому столі, покритому металічним листом. При установленні каретки на поздовжню лінійку треба стежити за тим, щоб бокові ролики щільно прилягали до площин лінійки і каретка пересувалася по ній.

Пуск в хід і зупинення автомата здійснюються автоматично вимикачем 18, який обертається за годинниковою стрілкою.

Потрібну швидкість руху машини залежно від товщини розрізаного металу установлюють за допомогою движка 5 реостатом 4, на верхній поздовжній планці якого є ділення, що відповідають товщині розрізаного металу. Автомат пересувається по поверхні стола і має зчеплення з двома вертикально розміщеними роликами. Ці ролики сполучені системою шестерень з рушійною частиною ведучого механізму. Вказані ролики притиснуті з двох сторін до ролика 7 і, обертаючись один справа наліво, а другий зліва направо, обертають ролик 7 і пересувають головку машини по розмітці, виконаній на рисунку або верхній столу.

Рух головки точно повторює різак машини, який вирізає на оброблюваній деталі фігуру потрібних обрисів.

Машини спрямовується по лінії рисунка маховичком 6. Якщо різуть по розмітці на оброблюваній деталі, то різак зручніше спрямовувати рукояткою 3. Для різання по шаблону ведучий ролик 7 знімають разом з шайбою 15, а ролики установлюють на спеціально виготовлений шаблон так, щоб вони охоплювали шаблон з обох сторін.

Шаблон потрібних обрисів виготовляють з мідної або латунної добре каліброваної стрічки $2,25 \times 15$ мм, яка припаюється до латунного листа. Найменший радіус закруглень шаблона має бути 5 мм.

При автоматичній роботі машини по шаблону його прикріплюють не до стола, а до дерев'яного круга товщиною близько 20 мм, який кладуть на поверхню стола без особливого закріплення. Це дає можливість швидко змінювати шаблони для серійного вирізання різноманітних деталей. Для різання по колу стоячки циркуля кріпляться до рами стола двома гвинтами. Кінець штанги укріплюється в шайбі 15, у спеціальному гнізді, за допомогою затискного гвинта. Штангу циркуля установлюють по довжині радіуса круга і закріплюють гвинтом. Машини опишуватиме круг установленого радіуса, і горілка виріже цю ж саму фігуру.

В табл. 55 наведені дані відносно добору мундштуків, а також про витрату газів при роботі автомата АС.

Таблиця 55

Вибір мундштука і витрата газу автомата АС

Товщина металу, мм	5	10	20	30	40	60	80	100	150	200	250	300
Витрата кисню л/лін. м	48	80	170	300	400	800	1100	1200	2100	2800	3300	4600
Витрата ацетилену л/лін. м	10	16	25	38	60	80	95	110	150	160	180	220
Тиск кисню ат	1,5	2,0	3,0	3,75	3,8	4,0	4,4	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0
Мундшток для різання	3—10	10—30	30—60	60—100	100—150	150—200	200—250	250—300				
Мундшток для нагрівання	3—30	30—60	100—200	200—300								
Ширина розрізу мм	1—2	2—3	3—4	4—5								
Віддаль сопла від поверхні розрізу мм	2	3	4	6	10							

§ 109. Редуктори

Редуктором називається прилад для зниження тиску і підтримання сталості робочого тиску газу. Кисень, як відзначалося вище, тримають у сталених балонах під тиском 150 ат. В горілку ж кисень надходить при тискові 3—4 ат. Тому тиск кисню доводиться знижувати. Нижче ми описуємо редуктор 2 КВД ВАТ (1-го автогенного заводу).

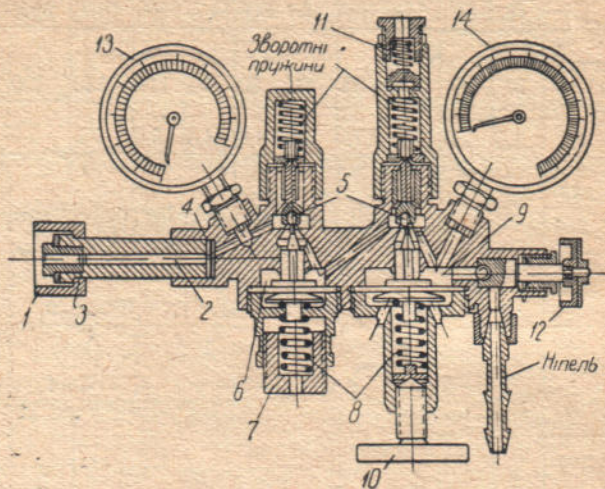
Розріз редуктора показано на фіг. 142.

Редуктор приєднується до вентиля балона за допомогою накидної гайки 1 (фіг. 142). При відкриванні вентиля балона кисень надходить в камеру високого тиску 2, проходячи через металічний фільтр 3. В кінці камери високого тиску установлена товста мідна шайба 4 з просвердленими в ній отворами. Ця шайба служить тепловбирачем на той випадок, якщо при різкому відкриванні вентиля на балоні температура в камері підвищиться від сильного стиску газу.

З камери високого тиску кисень надходить до редукуючого клапана 5. Тут спадає тиск газу до 50—40 ат. Тиск в камері першого редукування 6 устанавлюється за допомогою регулюючої гайки 7 і пружини 8, яка передає тиск на мембрану, а та в свою чергу через штифт—клапанові.

З камери редукування 6 газ проходить у камеру другого редукування 9, в якій розширюється до робочого тиску. Робочий тиск регулюється гвинтом 10.

Для того щоб уберігати від розриву мембрану у випадку самовитікання, в першій камері редукування є запобіжний клапан 11, який при підвищенні тиску вище 40—50 ат відкривається і випускає газ в атмосферу. Для можливості припинення подачі газу без зміни тиску в конструкції редуктора передба-



Фіг. 142. Редуктор 2 КВД

чений спеціальний запорний вентиль 12, установлюваний на виході газу з редуктора.

Редуктор має два манометри: манометр 13 показує високий тиск, манометр 14 показує робочий тиск.

Цей двокамерний редуктор має ту перевагу перед однокамерним, що завдяки двом послідовно розміщеним камерам робочий тиск підтримується сталим. Коливання тиску в першій камері редуктора вирівнюються другою камерою. Перед установленням редуктора на балон треба старанно перевірити, чи немає на гайці слідів масла або жиру. При наявності масла або жиру редуктор треба промити знежирювальною речовиною (дихлоретаном, вуглець IV-хлоридом або авіаційним бензином).

Перед нагвинчуванням накидної гайки вентиль кисневого балона продувають для видалення бруду і часток окалини, які є в каналі вентиля.

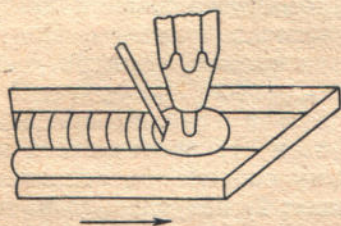
Ацетиленові редуктори роблять однокамерними.

В наслідок невеликого порівняно тиску, під яким знаходиться ацетилен в балоні, ацетиленовий редуктор приєднують до балона за допомогою хомута з упорним гвинтом, що надягається на вентиль.

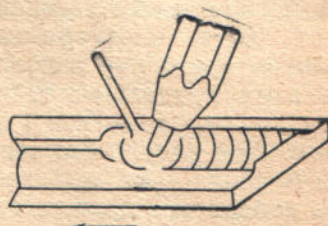
§ 110. Технологія газового зварювання

В техніці газового зварювання застосовують два способи: метод правого зварювання і метод лівого зварювання. При правому зварюванні зварювальник розтоплює метал зліва направо за місцем знаходження самого зварювальника. Зварювальне полум'я звернене на зварену вже частину. Присадковий пруток міститься позаду горілки. Цей спосіб показано на фіг. 143. При лівому зварюванні робота ведеться справа наліво. Присадковий пруток рухається попереду горілки. Полум'я горілки спрямовується в сторону незвареного ще шва (фіг. 144).

Праве зварювання—найбільш економічне, бо в цьому випадку найкраще використовується тепло полум'я. Скорість зварювання



Фіг. 143. Зварювання зліва направо



Фіг. 144. Зварювання справа наліво

при правому способі також вища, ніж при лівому. Досліди показують, що праве зварювання дає продуктивність на 10—25% вищу, ніж ліве. Найбільша економія буває при зварюванні маловуглецевої сталі товщиною 8—10 мм. При товщинах менше 5 мм застосування обох методів рівноцінне. Праве зварювання особливо рекомендується при зварюванні легірованих сталей.

Як і при електродуговому зварюванні, газовим зварюванням можна виконувати всі види швів, тобто нижні, горизонтальні, вертикальні і стельові. Найлегше виконувати, розуміється, нижнє шво.

Задача газозварювальника полягає в тому, щоб розтопити основний метал і в рідку ванну основного металу добавляти метал присадкового прутка. Полум'я при зварюванні маловуглецевої сталі має бути відрегульоване так, щоб не було ні науглецювання рідкого металу, ні оксидації його, тобто полум'я має бути нейтральним.

Для достатнього протоплення горілка повинна мати певний кут нахилу до зварюваної поверхні. Чим товстіший метал, тим цей кут повинен бути більший, наприклад, при зварюванні металу товщиною 1 мм—кут нахилу 25°, а при товщині 15 мм—кут нахилу горілки 80°.

Горілкою зварювальник описує поперечні зигзагоподібні рухи.

Кромки підготовляються примірно за тими правилами, що і під електродугове зварювання.

Діаметр присадкового дроту d вибирають залежно від товщини зварюваного металу δ в межах

$$\text{від } d = \frac{\delta}{2} \text{ до } d = \frac{\delta}{2} + 1.$$

Про добір наконечників горілки див. § 106.

Зварювання ведуть, як уже говорилося, нейтральним полум'ям, відновлювальною зоною. Вершину ядра полум'я треба тримати на віддалі 3—5 мм від поверхні основного металу. Кінець присадкового дроту занурюють у зварювальну ванну. Присадковий дріт тримають під кутом 30—40° до основного металу.

Спосіб Ліндевельда. Цей спосіб з'явився порівняно недавно (1932 р.) і полягає він в тому, що зварювання ведуть полум'ям з надлишком ацетилену. Кромки зварюваних листів нагрівають до температури ковального зварювання. Полум'я з надлишком ацетилену науглецьовує кромки, температура топлення яких в наслідок цього знижується, поверхневий шар кромки починає топитися і сполучається з рідким присадковим металом. Цей спосіб має такі переваги: 1) витрачається менша кількість тепла, ніж при звичайному способі, бо основний метал не доводиться до точки топлення; 2) науглецьована плівка металу служить розкиснюючим флюсом, бо вуглець відновлює оксиди.

В наслідок цього фізичні і механічні властивості шва перевищують властивості основного металу: опір розриву сягає 60 кг/мм².

При способі Ліндевельда зручніше застосовувати метод правого зварювання.

Зварювання многополум'яними горілками. Многополум'яні горілки мають два і більше мундштуків, розміщених по одній лінії. Кожне полум'я має своє певне призначення. Одне полум'я служить для нагріву кромки і розміщується на віддалі 15—20 мм від місця самого зварювання, друге служить для розтоплення кромки, які після підігріву швидко розтоплюються; це ж саме полум'я одночасно розтоплює присадковий дріт. При многополум'яних горілках користуються правим способом.

Середня швидкість зварювання при многополум'яних горілках на 50% вище від звичайного зварювання.

§ 111. Газове зварювання різних металів

Зварювання чавуну. Чавунні деталі дуже успішно зварюються газовим зварюванням. При зварюванні великих деталей їх підігрівають на горні. При зварюванні дрібних деталей загальний підігрів здійснюють горілкою. Як присадковий матеріал беруть чавунні палички діаметром 6—12 мм того самого складу, що і при електродуговому зварюванні.

Вигорання складових частин чавуну примушує вести зварювання якомога швидше. Для зменшення вигорання полум'я горілки має бути нейтральним або з невеликим надлишком ацетилену, але ні в якому разі не допускається надлишок кисню. Кінець присадкового прутка весь час повинен знаходитися у ванні, і не можна допускати, щоб метал капав з кінця прутка у ванну. Для полегшення виходу газів із шва треба намагатися по можливості краще перемішувати ванну за допомогою прутка і відповідним рухом горілки. Зварювати починають з дна шва і поступово заварюють до верху. Час від часу треба за допомогою присадкового прутка добавляти флюс (опускаючи розжарений кінець прутка в банку з флюсом). Ванна має бути весь час в зоні полум'я і покрита тонким шаром флюсу. Горілку не слід віднімати від ванни. Як флюс використовують буру або суміш з бури і борної кислоти.

Щодо нагріву і охолодження, то тут треба додержувати тих самих правил, як і при електродуговому гарячому зварюванні чавуну.

Газовим зварюванням дуже зручно заварювати чавун латунню або „бронзою“ Тобіна. В цьому випадку при невеликих розмірах деталі звичайно непотрібне попереднє нагрівання деталі, бо присадковий метал топиться при температурах, значно нижчих від температури топлення чавуну. Ця обставина дозволяє варити деякі деталі без демонтажу їх з машини, наприклад блок мотора можна зварити, не знімаючи його з рами.

Міцність зварювання дуже висока, і при випробуванні звичайно руйнується основний матеріал.

Техніка зварювання нескладна. Тріщину вирубують під кутом 80—90°. Кромки мають бути шерехатими, щоб присадковий матеріал краще зв'язувався з основним. Флюс використовують такого складу: 70% бури, 20% кухонної солі і 10% борної кислоти.

Кромки нагрівають до червоного жару, після чого починають натоплювати присадковий метал, який у випадку достатнього нагріву швидко розпливається по всій нагрітій поверхні металу і обслуговує її. Коли вся поверхня вилуджена і нижні кромки сполучилися, виконують все шво присадковим металом. Флюс добавляють протягом всього часу зварювання. Щоб запобігти вигоранню цинку, кінець присадкового прутка слід тримати на більшій віддалі від ядра полум'я, ніж при зварюванні сталі (7—8 мм).

Зварювання міді. Червону мідь досить добре можна зварювати газовою горілкою. В наслідок великої теплопровідності міді горілку при зварюванні стороннім джерелом без підігрівання вибирають з розрахунку витрати ацетилену 200—250 л/год на 1 мм товщини металу. Полум'я має бути нейтральним. Надлишок кисню оксидуватиме мідь; при надлишкові ацетилену мідь дуже вбиратиме водень, що дає дуже пористе шво.

Як присадковий матеріал використовується пруток з мідного дроту із вмістом фосфору 0,2% і срібла до 5%. Фосфор є розкиснювачем, а срібло очищає розтоплену мідь і підвищує її топкість. Цей присадковий матеріал топиться при температурі на 100° нижчій, ніж чиста мідь. У менш відповідальних випадках можна, як присадковий метал, використовувати прутки з електролітичної міді.

В табл. 56 дані вказівки для вибору діаметра присадкових прутків залежно від товщини зварюваних листів.

Таблиця 56

Товщина зварюваного металу мм	Діаметр присадкового дроту мм	Товщина зварюваного металу мм	Діаметр присадкового дроту мм
До 1,5	1,5	4—8	5
1,5—2,5	2	8—15	6
2,5—4	3	15 і вище	8

Як флюси використовують різні суміші, наприклад топлону буру—50%, кухонну сіль—40%, борну кислоту—10%. Флюс має бути в порошкоподібному стані.

Кромки скошують під кутом 80—90°. Світне ядро ацетиленокисневого полум'я має знаходитися на віддалі 5—8 мм від зварювальної ванни. Горілку слід тримати перпендикулярно до площини зварюваної деталі, бо в противному разі рідкотопка мідь видуватиметься із зварювальної ванни.

Мідь легко перегрівається і стає крихка, тому зварювати треба якомога швидше. Іноді під шво підкладають азбест для теплоізоляції, щоб зменшити витрати тепла. При товщинах більше 10—12 мм зварюють в дві горілки. Другою горілкою прогрівають листи із зворотного боку.

Щоб надати шву кращих механічних якостей, вдаються до проковування і відпалювання. Проковують з нагрівом до 400—500° на рейці або плиті молотом з круглим бойком легкими ударами. Після проковування шво відпалюють, для чого його нагрівають до 450—500° і швидко охолоджують водою або струминою холодного повітря. Відпал усуває крупнозернистість шва і в прилеглий до шва зоні—крупнозернистість основного металу.

Зварювання латуні. При зварюванні латуні доводиться приймати до уваги легке вигорання цинку. Щоб запобігти цьому, ядро полум'я тримають на віддалі 7—10 мм від ванни. Наконечник горілки беруть на один номер вище, ніж при зварюванні сталі тієї ж самої товщини.

Варять латунь нейтральним полум'ям. Як присадковий матеріал використовують латунь того самого складу, що і основний метал. Добрі результати дає домішка в присадковому матеріалі невеликого процента алюмінію, який розкиснює цинк-оксид,

що плаває на поверхні, і захищає розтоплену ванну від дальшої оксидації.

При зварюванні латунних деталей попередній підігрів всієї деталі непотрібний. Перед розтопленням присадкового матеріалу місце натоплення прогрівають горілкою примірно до 500°.

Випаровування цинку шкідливе для зварювальника, тому при зварюванні латуні треба, щоб була добра вентиляція, або треба працювати у респіраторі.

Зварене шво проковують. Для латуні з вмістом міді понад 60% проковування ведеться в холодному стані, при меншому вмісті міді проковують при температурі 500°,—при вищій температурі латунь цього складу—червоноламка, а в холодному стані крихка.

Після проковування відпалюють при 600—700° з дальшим повільним охолодженням. Відпалювання поліпшує структуру металу шва і усуває внутрішні напруги. Щоб запобігти сильному вигоранню цинку, треба старатися виконувати зварювання за один прохід горілки.

Зварювання бронзи. При зварюванні бронзи треба дотримувати в основному тих самих правил, що і при зварюванні латуні, бо якщо при зварюванні латуні дуже вигорає цинк, то при зварюванні бронзи помічається вигорання олова. Зважаючи на те, що бронза дуже червоноламка, не рекомендується, для уникнення тріщин, під час зварювання перевертати деталь.

Присадковий дріт корисно брати з вмістом розкиснювачів у вигляді алюмінію, фосфору, марганцю.

Використання флюсу зменшує вигорання олова. У флюс бажано вводити, як і в присадковий дріт, розкиснювачі (алюміній, фосфор і ін.). В основному флюс складається з топленої бури, соди і борної кислоти. При зварюванні литої бронзи шво не проковують.

При зварюванні прокатої бронзи проковування корисне. Відпалюють при температурі 500—550° з дальшим швидким охолодженням.

Зварювання алюмінію. Газове зварювання алюмінію більш поширене, ніж електродугове, і для нього вже є достатньо перевірені методи. При зварюванні треба зважати на такі властивості алюмінію: здатність легко оксидуватися, висока температура топлення оксидів і крихкість алюмінію при високих температурах.

Перед зварюванням треба добре очистити місця натоплення від бруду і жиру промиванням бензином, гасом або каустичною содою. Після очищення промивають гарячою водою і витирають ганчіркою. При зварюванні тонких листів (до 2 мм) кромки відбортовують під прямим кутом, і тоді присадковий метал або зовсім непотрібний або використовується в дуже невеликій кількості.

При товщині від 2 до 6 мм між кромками залишають зазор в 2—3 мм. При товщині понад 6 мм кромки скошують під кутом 60—90°. Скошують кромки наполовину товщини листів.

Горілку добирають з розрахунку витрати ацетилену 75—100 л/год на 1 мм товщини металу.

Полум'я має бути з надлишком ацетилену.

Для видалення оксидів при газовому зварюванні користуються флюсом того самого складу, що і при електродуговому зварюванні (див. розд. XIII). Флюс наноситься злегка нагрітим стрижнем присадкового металу, який обмочують у флюс і після цього натоплюють.

При зварюванні алюмінійового литва деталь попередньо нагрівають на вугіллі: нагрів доводять до 260°. Кінець нагрівання визначають, як уже вказувалося, за допомогою деревної тирси або деревної щепки, які повинні зуглюватися.

При зварюванні литого алюмінію оксиди можна видалити механічним способом. Для цього користуються прутком сталюого дроту діаметром 6 мм з розплющеним у вигляді лопатки кінцем. Цим прутком зварювальник знімає корку оксиду і занурює стрижень присадкового матеріалу в розтопленій метал так, щоб топлення його відбувалося без стикання з навколишнім повітрям. Полум'я підносять безпосередньо до розтопленого металу, не торкаючись його язичком.

Натоплюють ділянками довжиною 50 мм. Закінчивши одну ділянку, починають зварювати другу в протилежному напрямі. Заваривши ділянку, вирівнюють за допомогою лопатки поверхню так, щоб вона злилася з основною поверхнею виливка. Цей спосіб видалення оксидів потребує великої кваліфікації від зварювальника.

При зварюванні листового алюмінію процес треба вести швидко. Шво виконують за один прохід. Горілку тримають з невеликим нахилом до зварюваної поверхні. Після зварення слід старанно видалити сліди флюсу, бо він роз'їдає метал.

Як присадковий матеріал при зварюванні листового алюмінію використовують прутки з чистого алюмінію. Для зварювання литого алюмінію рекомендується користуватися прутками складу: 95% алюмінію і 5% силіцію. В табл. 57 подані вказівки для вибору діаметра прутків при зварюванні алюмінію різної товщини.

Таблиця 57

Товщина листів мм	Діаметр прутків мм	Товщина листів мм	Діаметр прутків мм
Менше 1,5	2,0	6,0—10,0	4,75
1,5—3,0	2,5	12,0—12,5	5,5
3,0—5,0	2,75	12,5—20	6,5
5,0—6,0	3,0	більше 20	8,0

Після зварення деталь треба повільно охолодити. Для поліпшення механічних якостей шва і усунення залишкових напруг застосовують відпалювання алюмінійових деталей при нагріві до 300—350° з дальшим повільним охолодженням.

§ 112. Технологія газового різання

Приступаючи до різання, треба добрати мундштуки залежно від товщини розрізуваного металу. Для цього можна користуватися наведеними вище таблицями. По цих же таблицях установлюють і тиск кисню.

Різати починають звичайно з кромки листа. Метал нагрівають до температури спалахування, пускають струмину ріжучого кисню і починають пересувати різак по лінії розрізу.

Якщо різання доводиться починати в середині листа, а не з кромки, то в місці, де починають різати, рекомендується просвердлити отвір невеликого діаметра. Це в значній мірі поліпшує чистоту різку. Чистота різку залежить від таких моментів: 1) рівномірності пересування різачка, 2) швидкості різання.

При повільному пересуванні різачка поверхня розрізуваного металу дуже нагрівається, різ виходить широкий, і краї обтоплюються. При надто швидкому процесі різання нижні шари металу підігріваються недостатньо і різ виходить нечистий. Велике значення має також стан поверхні розрізуваного металу. Бруд, окалина і ін. значно погіршують якість розрізу.

При правильному процесі різання ширина розрізу має відповідати даним табл. 58.

Таблиця 58

Товщина металу <i>мм.</i> . .	5—10	15—20	25—40	50—60	80—100	00—150	150—200	200—300
Ширина розрізу <i>мм.</i> . .	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	6—7	7—8

Економічність різання залежить від чистоти кисню. Чим брудніший кисень, тим вищий має бути тиск, тим більша витрата кисню і тим більше часу витрачається на різання.

В табл. 59 наведені дані витрати часу (в процентах) на різання залежно від чистоти кисню.

Таблиця 59

Товщина металу, <i>мм</i>	Чистота кисню				
	99,5%	99%	98,5%	98%	97,5%
	Час різання				
100	100	107	114	123	125
50	100	102	111	115	121
25	100	106	116	122	140
20	100	105	115	121	135
12	100	103	108	113	123
10	100	106	113	128	141
Середнє	100	105	113	120	131

§ 113. Техніка безпеки при газозварювальних роботах

При газозварювальних роботах для уникнення нещасних випадків треба додержувати основних вимог техніки безпеки.

Кисневі балони, в яких газ знаходиться під тиском 150 ат, являють собою певну небезпеку при невірному поводженні з ними.

На кожному балоні вибиті: клеймо технічного інспектора, пробний тиск, робочий тиск і строк дальшого випробування. Якщо строк дальшого випробування вже настав, то такий балон треба негайно взяти з виробництва і відправити на кисневий завод для випробування. Щоб у вентиль балона не могли попасти бруд, пил і особливо жир та масло, на штуцер вентиля нагвинчується заглушка. Щоб уберегти вентиль від механічних пошкоджень, його закривають сталевим ковпачком, який нагвинчують на кільце. Балони, наповнені газом, не повинні зазнавати різких ударів і нагріву. Перш, ніж накрутити на вентиль балона редуктор, треба переконатися, що на вентилі немає слідів жиру і масла.

Під час приєднання редуктора і викручування його треба завжди ставити збоку від балона, а не перед вентиляем, бо бували випадки, коли силою внутрішнього тиску вентиль виривало з горловини балона.

Балони не слід переносити на руках, бо робітник завжди може спіткнутися і впустити балон, який при ударі об гострий камінь або залізо може вибухнути. Перевозять балони на двоколісних візках.

Кисневі редуктори теж потребують умілого поводження. На частинах редуктора, які обмиваються киснем, не повинно бути масла або жиру.

Відкривати вентиль на балоні треба повільно, бо в протилежному разі газ при сильному стисненні нагріває ебонітову діафрагму або фіброві прокладки. В атмосфері кисню при займанні прокладок може загорітися метал редуктора та балона, і балон вибухне. Редуктор може загорітися від тертя дрібнісіньких частинок іржі або пилу, тому апаратуру треба тримати в чистоті.

У випадку замерзання вентиля відігрівати його можна тільки гарячою водою або парою, але ні в якому разі не полум'ям горілки.

Ацетиленовий генератор теж потребує уважного догляду. Генератори треба тримати в чистоті. Скупчення осадів, в яких залишаються часточки карбіду, що не розклалися, веде до скупчення газу, що може викликати вибух при доступі повітря, яке проникає в генератор під час зміни води. Переносні генератори повинні знаходитися на віддалі не менше 5 м від відкритого вогню, розжарених тіл, запалених горілок.

Треба стежити за тим, щоб у гумових шлангах, якими підводиться газ, не було пропусків. При наявності пропуску в ацетиленовому шлангу від іскр, які відлітають при зварюванні або різанні, може загорітися ацетилен. Тоді, не гаючи часу, треба перегнути шланг між місцем, де загорівся ацетилен, і місцем приєднання шланга до генератора або до водяного затвора у випадку центрального живлення постів. Другий робітник повинен перекрити кран, який подає ацетилен з генератора або з водяного затвора.

Водяний затвор має бути завжди під непослабним наглядом газозварювальника. Рівень води не повинен опускатися нижче пробного краніка.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ, ВИКОРИСТАНОЇ ПРИ СКЛАДАННІ ЦЬОГО ПІДРУЧНИКА

- В. А. Жданов и В. Л. Цегельский, Электросварка, Учебник ФЗУ, ОНТИ, 1935.
- Е. О. Патон и В. И. Козловский, Металлографические исследования электросварных конструкций, 1930.
- „Металлургия сварки“, Збірник під ред. інж. Склюева, Уральське вид. 1934.
- Дж. Джонсон, Сварка в самолетостроении, ОНТИ, 1934.
- Г. М. Тиходеев, Контроль качества сварки, 1935.
- И. С. Дмитриев, Электросварка вольтовой дугой, 1931.
- „Дуговая электросварка“, Інструкції Американського т-ва зварювальників, 1932.
- А. С. Огневский, Электрическая сварка металлов, 1931.
- Г. А. Николаев, Элементы сварных конструкций, 1933.
- Н. О. Окерблом, Проектирование сварных конструкций, КУБУЧ, 1934.
- „Металлические конструкции и сооружения“ Технічні умови і норми, ОНТИ, 1934.
- „Научно-исследовательские работы по сварке“ вып. I і II, вид. ВНИТОС, 1934 і 1935 р.
- В. А. Жданов, Отчет о технической командировке по заводам СССР, Баку, 1935 (рукопис).
- В. Л. Цегельский, Электрические машины и аппараты для дуговой сварки, ОНТИ, 1934.
- Б. С. Климовский и И. Т. Нестеров, Электрические сварочные машины и аппараты, ОНТИ, 1936.
- А. В. Жидков, Сварочные генераторы и трансформаторы в эксплуатации, ОНТИ, 1934.
- Инж. П. И. Буштетт, Работы Института электросварки Академии наук УССР в области механизации „дуговой сварки“.
- Инж. А. С. Фалькевич, В. С. Черняк и Г. Ф. Чепелюгин, Газовая сварка. Технический минимум, ОНТИ, 1936.
- В. Г. Науман, Технология газовой сварки, ОНТИ, 1937.
- А. А. Алексеев, А. И. Ахун, Электрическая контактная сварка, КУБУЧ, 1935.
- К. А. Кочергин, Контактная сварка, ОНТИ, 1936.
- Н. Е. Александров и Н. П. Муценко, Машины для электрической контактной сварки, НКП СРСР, 1935.
- С. З. Штерлинг, Достижения сварочной техники в США, „Орг-метал“, 1935.
- „Контактная сварка в СССР“, Збірник, ОНТИ, 1935.
- „Контактная сварка за границей“, Збірник, ОНТИ, 1935.
- ВЭО, Машины для электрической контактной сварки и аппараты для электронагрева, Технический справочник, ОНТИ, 1935.
- Инж. Гойхман, Сварка ковкого чугуна, ОНТИ.
- „Новые режимы сварки и прочность сварных соединений“, Збірник ЦНДІМАШ, ОНТИ, 1937.

Журнальні статті

- К. К. Хренов, Современные типы электродов для дуговой электрической сварки, „А. Д.“, 1932, № 2.
- П. П. Буштетт, Электродная проволока для автоматов, „А. Д.“, 1935, № 11.
- И. З. Давыдовский, Изготовление сварных подкрановых балок „А. Д.“, 1935, № 11.
- В. А. Жданов, Сварная вакуумная колонна, „А. Д.“, 1935, № 7.
- Б. Смирнов, Металлографическое исследование электросварки строительных сортов стали, „А. Д.“, 1934, № 6.
- К. К. Хренов и С. Г. Назаров, Новый магнитоэлектрический способ исследования сварных швов, „А. Д.“, 1935, № 12.
- А. С. Огиевецкий, Типы современных сварочных цехов, „А. Д.“, 1934, № 2.
- М. Д. Кожевников, Производство электродов на опытном заводе ВЭТ, „Св.“, 1935, № 6.
- С. М. Защитные стекла при электро- и газосварке, „А. Р.“, 1933, № 3.
- С. Миллер, Рациональное устройство рабочего места электросварщика, „А. Р.“, 1933, № 2.
- Доц. В. И. Ярхо, Холодная электросварка чугуна по методу Ярхо, „А. Д.“, 1936 № 7.
- Инж. М. М. Бетерев, Холодная сварка чугуна, „А. Д.“, 1936, № 7.
- Инж. И. Ф. Наимушин, Влияние высоких температур на механические свойства сварного шва, „А. Д.“, 1933, № 8.
- Е. М. Кузмак, Коррозия электросварочных швов, „А. Д.“, 1936, № 2.
- П. П. Маркушев, Свойство сварных швов, выполненных при низких температурах, „А. Д.“, 1934, № 9.
- Инж. И. Д. Давыденко, Металлургические процессы при дуговой электросварке, „Автогенное дело“, 1937, № 3 і 4.



