



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

С.И. Платов
Р.Р. Дема
А.В. Ярославцев

ПЛАСТИЧЕСКОЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ЗАГОТОВОК ПРИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

Магнитогорск
2015

Рецензенты:

Кандидат технических наук,
директор ООО «ТехНаМет»

В.Д. Галкин

Кандидат технических наук,
доцент кафедры технологии машиностроения,
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Ю.Д. Залетов

Составители: Платов С.И., Дема Р.Р., Ярославцев А.В., Ярославцева К.К., Иванов Н.И.
Пластическое формоизменение заготовок при термомеханическом воздействии
[Электронный ресурс] : учебное пособие / Сергей Иосифович Платов, Роман Рафаэлевич Дема, Алексей Викторович Ярославцев, Ксения Казбековна Ярославцева, Николай Иванович Иванов ; ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова». – Электрон. текстовые дан. (0,61 Мб). – Магнитогорск : ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования : IBM PC, любой, более 1 GHz ; 512 Мб RAM ; 10 Мб HDD ; MS Windows XP и выше ; Adobe Reader 8.0 и выше ; CD/DVD-ROM дисковод ; мышь. – Загл. с титул. экрана.

Рассмотрен технологический процесс для контактной стыковой и точечной сварки, которые используются при производстве катанки и арматуры на станах сортовой прокатки, при производстве проволоки на волочильных станах и при производстве метизной продукции. Приведены необходимые справочные данные для выбора параметров режима сварки, указаны дефекты и причины их возникновения.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению 150700.62 «Машиностроение» по дисциплинам «Контактная сварка», «Основы сварочного производства» и «Технология и оборудование процессов производства сортового металла и ковочно-штамповочного производства и метизов».

УДК 621.771

- © Платов С.И., Дема Р.Р., Ярославцев А.В., Ярославцева К.К., Иванов Н.И., 2015
- © ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2015

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ИЗМЕРЕНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕЖИМА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ.....	6
1.1. Общие положения	6
1.1.1. Измеряемые параметры и особенности измерения.....	6
1.1.2. Измерение и регистрация сварочного тока	6
1.1.3. Измерение и регистрация времени сварки	12
1.1.4. Измерение и регистрация усилия сжатия	12
1.2. Оборудование и материалы	13
1.3. Контрольные вопросы	14
2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ РАСЧЕТНЫМ ПУТЕМ.....	15
2.1. Общие сведения	15
2.1.1. Выбор формы и размеров контактной поверхности электродов.....	15
2.1.2. Усилие сжатия электродов.....	16
2.1.3. Время протекания сварочного тока.....	16
2.1.4. Расчет сварочного тока.....	16
2.2. Оборудование и материалы	20
2.3. Порядок расчета основных параметров режима сварки.....	20
2.4. Контрольные вопросы	21
3. АТТЕСТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ МАШИН	22
3.1 Общие сведения	22
3.1.1. Паспортизация конструктивных данных машины.....	22
3.1.2. Паспортизация электрических устройств машины.....	23
3.1.3. Свидетельство о пригодности машины к эксплуатации	24
3.2. Оборудование и материалы	25
3.3. Контрольные вопросы	25
4. НАСТРОЙКА ШОВНЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ	26
4.1. Общие сведения	26
4.1.1. Общие положения.....	26
4.1.2. Наладка шовных машин	26
4.1.3. Контроль герметичности швов	27
4.2. Оборудование и материалы	28
4.3. Контрольные вопросы	28
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАСС И ШУНТИРОВАНИЯ ТОКА НА КАЧЕСТВО КОНТАКТНОЙ СВАРКИ	29
5.1 Общие сведения	29
5.1.1. Влияние ферромагнитных масс	29
5.1.2. Влияние шунтирования тока.....	30
5.2. Оборудование и материалы	31
5.3. Контрольные вопросы	31

6. ЗНАКОМСТВО С ТЕХНОЛОГИЕЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА НА КАЧЕСТВО СОЕДИНЕНИЙ	32
6.1 Общие сведения	32
6.1.1. Сварка сопротивлением.....	32
6.1.2. Сварка оплавлением	33
6.2. Оборудование и материалы	34
6.3. Контрольные вопросы	35
7. ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ МАЛЫХ ТОЛЩИН.....	36
7.1 Общие сведения	36
7.1.1. Область применения и особенности точечной микросварки.....	36
7.1.2. Сущность конденсаторной сварки	36
7.1.3. Методика определения параметров режима контактной точечной микросварки.....	38
7.1.4. Особенности контроля качества точечных микросварных соединений	39
7.2. Оборудование и материалы.....	41
7.3. Контрольные вопросы.....	41
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	42
ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ.....	43
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Среди многочисленных видов электрической сварки, контактная сварка занимает одно из первых мест как прогрессивный, универсальный и широко распространенный способ соединения металлов. Обширный диапазон применения контактной сварки сделал ее основным технологическим процессом при производстве катанки и арматуры на станах сортовой прокатки, при производстве проволоки на волочильных станах и при производстве метизной продукции.

Стыковая сопротивлением: соединение проволоки диаметром до 8 мм, прутков диаметром до 20 мм, труб диаметром до 50 мм; изготовление звеньев цепей, колец, рам; сварка проволоки и прутков из меди, алюминия, никрома площадью поперечного сечения до 250 мм²;

стыковая оплавлением: соединение заготовок компактного сечения (круг, квадрат) площадью до 10 000 мм²; заготовок развитого сечения (лист, полоса, тонкостенная труба) площадью до 5000 мм²; изготовление режущего инструмента из сталей с разными механическими свойствами; сварка трубопроводов, железнодорожных рельсов, арматуры железобетона, ободьев автомобильных колес, заготовок при непрерывной прокатке, валов, оконных переплетов, дверей, перегородок из алюминиевых сплавов, труб паровых котлов и т. д.;

Точечная: соединение деталей из листов толщиной от 0,01 + + 0,01 до 30+30 мм; соединения листов разной толщины; сварка деталей: электронных ламп и приборов, реактивного двигателя, деталей самолета, сварка узлов кузова и кабины автомобиля, обшивки железнодорожных вагонов, панелей, перегородок зданий, бытовых приборов (холодильников, стиральных машин), изделий бытового назначения (посуды, спортивного инвентаря и т. п.), приварка декоративных облицовок к каркасам и т. п.;

Рельефная: соединение с естественными рельефами (сварка прутков арматуры железобетона вкрест); Т-образная сварка (приварка стержня, болта, винта к листу); изготовление тормозных колодок автомобиля, различного вида крепежных деталей, приварка гаек, штуцеров, шипов к плоским листам, сепараторов шарикоподшипников и т. д.

Шовная: для изготовления изделий, швы которых должны быть прочными и плотными; изготовления топливных баков автомобилей и тракторов, бочек, бидонов, корпусов огнетушителей, ведер, сильфонов и т. п.; толщина металла, соединяемого, шовной сваркой, ограничивается: 3+3 мм для стали, 5 + 5 мм для алюминиевых сплавов, шаговая шовная сварка создает прочные, но не герметичные швы.

Другие виды сварки. Их диапазон применения также довольно широк:

Ультразвуковая: соединение деталей точками и непрерывным швом, деталей из алюминия, меди, никеля; металлов с металлокерамикой; деталей транзисторов, печатных схем; соединение деталей из пластмасс, полиэтиленовых пленок и т. п.;

Диффузионная: соединение однородных и разнородных высоколегированных сталей, композиций из разнородных материалов, например сталь с алюминием, сталь с керамикой;

Трением: преимущественно соединение деталей круглого сечения (стержни, трубы, режущий инструмент и т. п.); соединение стержней и труб с плоскими деталями; применение сварки трением ограничивается площадью поперечного сечения свариваемых деталей от 80 до 8000 мм² (диаметр стержней от 10 до 100 мм);

Холодная: соединение деталей из пластичных металлов: медь, алюминий, свинец, серебро, олово и др. — и их сплавов; из разнородных металлов (медь и алюминий); соединение шин электрических распределительных устройств; изготовление бытовых изделий (например, чайников, деталей холодильников); соединение медных и алюминиевых проводов; армирование медью алюминиевых выводов обмоток электрических машин.

1. ИЗМЕРЕНИЕ И РЕГИСТРАЦИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ РЕЖИМА КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

ЦЕЛЬ: Изучить особенности и овладеть методиками измерения и регистрации основных параметров режима контактной сварки.

1.1. Общие положения

1.1.1. Измеряемые параметры и особенности измерения

Основным условием стабильности процессов контактной сварки, как правило, является строгое соответствие параметров режима, установленных аппаратурой управления, параметрам, заданным по технологии. В технологической карте фиксируют основные параметры режима: сварочный ток, время его протекания (время сварки), усилие сжатия электродов.

В зависимости от толщины свариваемых деталей и фактических свойств материала режимы сварки изменяются в очень широких пределах. Сварочный ток изменяется не только по величине (обычно измеряется в кА), но и по форме импульса. Усилие сжатия электродов изменяется от десятков и сотен грамм при микросварке до сотен и десятков сотен килограммов при сварке изделий больших толщин. Время сварки может изменяться от миллисекунд до нескольких секунд. Основной особенностью сварочных процессов является их кратковременность, поэтому обычные измерительные приборы, как правило, не могут быть использованы.

Требования, предъявляемые к точности измерений параметров сварки, зависят от степени их влияния на прочность сварных соединений. В свою очередь, степень влияния параметров режима сварки на прочность зависит от значений самих параметров, толщины и свойств свариваемого металла, а также от многих других факторов. При этом следует учитывать, что чрезмерное повышение требований, предъявляемых к точности измерительных приборов, приводит к значительному усложнению этих приборов, снижению их надежности и повышению стоимости.

На основании результатов многочисленных исследовательских работ, а также производственного опыта считают, что в большинстве случаев точность измерения сварочного тока должна быть в пределах 3-4%. Точность измерения времени сварки может быть несколько ниже - 4-5%. Величина усилия сжатия электродов в меньшей степени влияет на качество соединения, поэтому точность измерения усилия может быть порядка 5-10%.

Важной особенностью контактной сварки также являются сильные переменные магнитные и электрические поля, вызываемые сварочным током во вторичном контуре, потоками рассеяния трансформатора и резкими изменениями напряжения при включении и выключении силовых вентилях в схемах преобразования и управления. Этими полями могут наводиться значительные э.д.с. от помех в измерительных цепях, которые способны искажать результаты измерений. Для защиты от помех используют, магнитные и электрические экраны, перевивают соединительные провода от датчиков к измерительным приборам, включают встречно компенсирующие катушки, а также применяют ряд других специальных мер.

1.1.2. Измерение и регистрация сварочного тока

Контактная сварка является процессом, в котором плавление металла происходит за счет теплового действия тока, протекающего через зону сварки. При сварке на машинах переменного тока его тепловое действие оценивается по действующему значению, а для машин с униполярным импульсом - по его амплитудному значению (рис. 1.1).

В современных машинах переменного тока для плавного его изменения применяется фазовое регулирование (регулятор «Нагрев»), существенно изменяющее синусоидальную

форму сварочного тока. Кратковременность включения тока, большая величина и несинусоидальная форма импульса делают невозможным использование стандартных приборов для его измерения. Для этих целей применяют специальные приборы типа АСУ-1М, ДСТ-2М (в совокупности с осциллографом), ИТ-02, ИТ-03, ИТ-80 и другие. Основные технические характеристики некоторых приборов приведены в табл. 1.1.

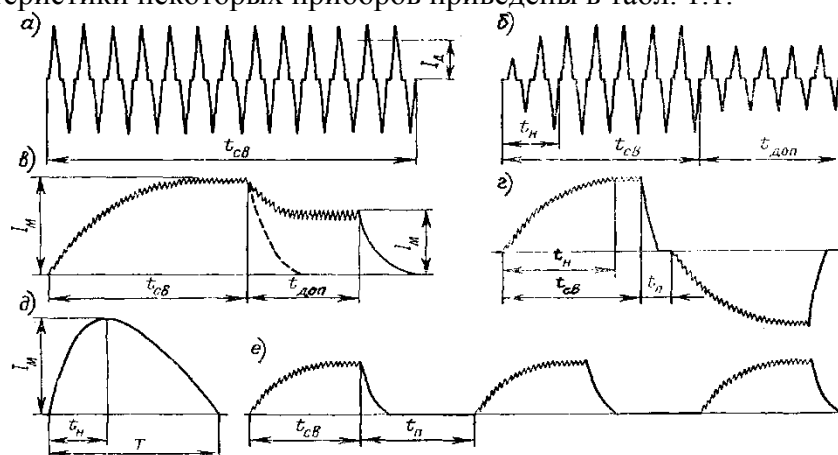


Рис. 1.1. Формы импульсов сварочных токов различных типов контактных машин: а, б - переменного тока; в, г - низкочастотных; д - конденсаторных; е - низкочастотных шовных

Прибор АСУ-1М (рис. 1.2,а,б) используют для периодического измерения сварочного тока. Для этого датчик I , который представляет собой тороидальную катушку с большим количеством витков, надевают на токоведущий элемент сварочной машины 2 (консоль или электрододержатель). Тороидальная форма катушки позволяет получить сигнал напряжения, величина которого не зависит от места расположения катушки в контуре машины. Датчик I является измерительным трансформатором без железного магнитопровода, в котором роль первичной обмотки выполняет токоведущий элемент машины, а вторичной - тороидальная катушка.

При измерении действующего значения тока I_D ключ 9 разомкнут. Значение переменного тока за полупериод определяется выражением

$$I_D = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} i_{св}^2 dt} \quad (1.1)$$

Измерение тока осуществляется следующим образом. На клеммах датчика I возникает напряжение u_1 , пропорциональное скорости изменения магнитного потока или сварочного тока

$$u_1 = \frac{di_{св}}{dt} \quad (1.2)$$

Таблица 1.1

Основные технические характеристики приборов для измерения силы сварочного тока
во вторичном контуре

Параметр	АСУ-1М	ИТ-02	ИТ-03	ИТ-80
Измеряемая сила сварочного тока, кА	2,5—200	2,0—500	2,0—200	2,0—320
Относительная погрешность измерения, %	$\pm 5,0$	$\pm 2,5$	$\pm 3,0$	$\pm 2,5$
Конструкция датчика	Тороид	Тороид разъёмный		
Отсчет измеряемой величины	Аналоговый	Цифровой		Аналоговый
Возможность измерения сварочного тока на машинах:				
конденсаторных	+	—	+	+
низкочастотных	+	—	+	+
постоянного тока	+	+	—	+
переменного, 50 Гц	—	+	—	+
Возможность измерения в заданной полувольтне	—	+	—	+
Габаритные размеры, мм	415×298×355	308×120×3	280×120×315	250×170×130
Масса, кг	23	8	7,9	3,3

В интегрирующем усилителе 3 происходит формирование сигнала, пропорционального сварочному току

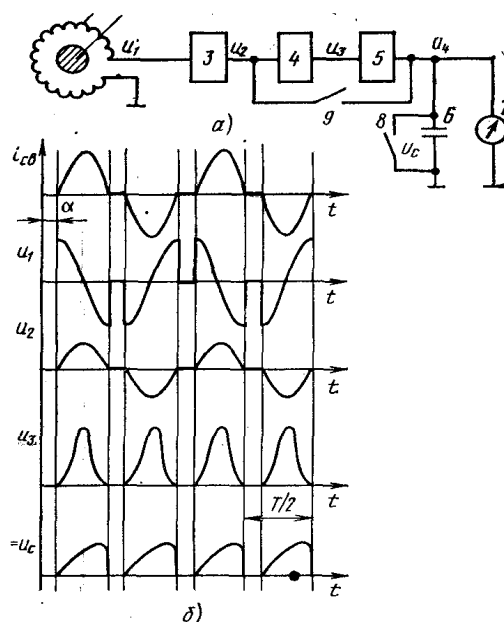


Рис. 1.2. Прибор АСУ-1М для измерения сварочного тока:
а - структурная схема; б - графики электрических процессов

$$u_2 = \int_0^t \left(\frac{di_{св}}{dt} \right) dt \quad (1.3)$$

В диодном квадраторе 4 формируется сигнал, пропорциональный квадрату мгновенного значения сварочного тока $u_3 = u_2^2$.

Во втором интеграторе 5 формируется сигнал $u_4 = U_c$, пропорциональный квадрату значения тока за $T/2$. Эта информация запоминается конденсатором C (U_c) и считывается электроизмерительным прибором 7, в котором операция извлечения квадратного корня для получения действующего значения сварочного тока в наибольшем, последнем полупериоде предусматривается соответствующей градуировкой его шкалы

$$I_D = \sqrt{\frac{2}{T} \int_0^{T/2} \left[\int_0^t \left(\frac{di_{св}}{dt} \right) dt \right]^2 dt} \quad (1.4)$$

Полученное выражение соответствует исходному уравнению (1.1), так как

$$\left[\int_0^t \left(\frac{di_{св}}{dt} \right) dt \right]^2 dt = i_{св}^2 dt$$

Сброс отсчета осуществляется путем разрядки конденсатора 6 замыканием ключа 8.

При измерении амплитудного значения тока I_A замыкают ключ 9 и, таким образом, включают элементы 4 и 5 схемы (рис. 1.2, а).

Сигнал, пропорциональный току, формируется интегрирующим усилителем 3, запоминается конденсатором 6 и считывается по линейной шкале стрелочного прибора 7.

Минимальная длительность протекания тока, необходимая для достоверных измерений равна 0,01 с. Измерение I_A может производиться либо с выбором полярности импульса, либо в обеих полярностях - без различия в направлениях протекания импульса тока сварочной машины.

Внешний вид прибора приведен на рис. 1.3.

Для наблюдения сварочного тока на осциллографе в качестве датчиков используются трансформаторы тока, шунты, катушки индуктивности, датчики Холла. В зависимости от требуемой точности измерений, условий их проведения, режимов сварки и типа машин выбираются наиболее подходящие датчики.

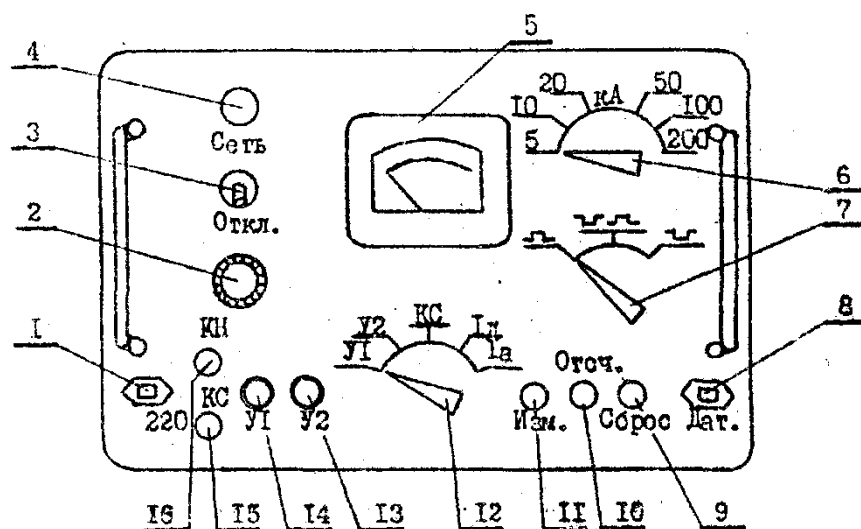


Рис. 1.3. Передняя панель прибора АСУ-1М с обозначениями органов управления: 1 - сетевой разъем; 2 - предохранитель; 3 - тумблер включения напряжения питания; 4 - индикатор сети; 5 - стрелочный прибор отсчета; 6 - переключатель диапазонов измерения тока; 7 - переключатель полярности; 8 - разъем подключения датчика; 9 - кнопка «Сброс» (для возвращения стрелки в исходное положение необходимо нажать кнопку до нового отсчета); 10 - кнопка «Отсчет» (нажать по окончании тока и, отпустив её, считать показания стрелочного прибора); 11 - кнопка «Измерение» (должна быть нажата все время, в течение которого проходит импульс сварочного тока); 12 - переключатель рода работ (У1 и У2 - включение прибора в режим балансировки соответствующего усилителя; КС - включение прибора в режим проверки контрольным сигналом; I_d и I_a - включение прибора в режим измерения параметров сварочного тока - действующего и амплитудного), 13 - балансировка второго усилителя; 14 - балансировка первого усилителя; 15 - кнопка «Контрольный сигнал» (при проверке контрольным сигналом переключатель диапазонов установить в положение «10 кА», переключатель полярности в любом крайнем положении); 16 - кнопка «Контроль напряжения» (стрелка отклоняется в крайнее положение)

Измерительные трансформаторы тока позволяют производить измерения практически во всем диапазоне номинальных сварочных токов контактных машин. Для измерения токов в машинах большой мощности вторичный виток измерительного трансформатора должен иметь водяное охлаждение.

Электрические шунты применяют для измерения тока в машинах малой мощности. При использовании шунтов в качестве датчиков тока имеют место погрешности, обусловленные реактивной составляющей падения напряжения на шунте; активной составляющей напряжения, вызванной явлением поверхностного эффекта или эффекта близости; э.д.с., наводимой в проводниках измерительной цепи; изменением удельного сопротивления шунта при его нагреве.

В качестве датчиков сварочного тока наиболее широко применяются катушка индуктивности с интегрирующим контуром и полупроводниковые датчики Холла. Катушка индуктивности располагается на токоведущей части вторичного контура сварочной машины, не внося дополнительной индуктивности. Пределы измерения тока практически не ограничены. Для осуществления операций интегрирования применяют электрическую цепь, состоящую из активного сопротивления R и конденсатора C (рис. 1.4).

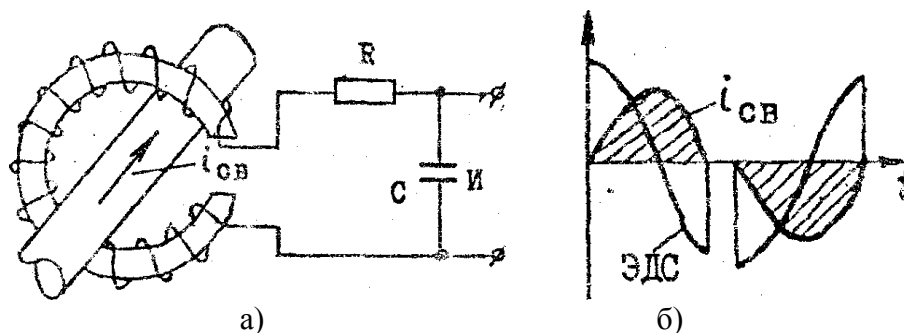


Рис. 1.4. Схема датчика тока с интегрирующим контуром (а) и графики э.д.с. и сварочного тока (б)

Напряжение на выходе такой схемы будет приблизительно пропорционально величине сварочного тока. Точность преобразования будет тем выше, чем меньше постоянная времени схемы $\tau = R \cdot C$ по сравнению с длительностью импульса сварочного тока. Однако при этом будет уменьшаться и величина исходного сигнала. Датчики с интегрирующим контуром в большинстве случаев используются для измерений в однофазных машинах, работающих от сети переменного тока промышленной частоты.

Датчики тока, построенные на использовании эффекта Холла в полупроводниках, более совершенны по сравнению с рассмотренными датчиками. Напряжение на выходе такого датчика не зависит от частоты, поэтому он является универсальным и может быть использован для измерения сварочного тока в машинах различного типа: конденсаторных, однофазных, низкочастотных, с выпрямлением тока во вторичном контуре и т.д. Напряжение на выходе такого полупроводникового датчика пропорционально не скорости изменения тока, а самому току. Величина выходного напряжения достаточна для прямого измерения без последующего усиления. Все это делает измерительное устройство более точным, надежным и конструктивно несложным.

Недостатком датчика является зависимость выходной э.д.с. от его расположения на машине и от конфигурации ее токоведущих частей. Это вызывает необходимость градуировки датчика всякий раз при его установке. Необходимо также постоянно контролировать величину тока питания датчика.

Эффект Холла заключается в возникновении поперечной э.д.с. E_x на поперечных торцах полупроводниковой пластинки, вдоль которой протекает ток i_n и через которую, перпендикулярно её плоскости, проходят силовые линии магнитного поля H . Эта э.д.с. определяется уравнением

$$E_x = k i_n H, \quad (1.5)$$

где k - коэффициент, зависящий от материала и размеров полупроводниковой пластинки;

H - нормальная составляющая магнитного поля.

В приборе ДСТ-2М датчик Холла выполнен в виде выносного зонда, который связан с прибором специальным кабелем. Выносной зонд помещается в магнитное поле вторичного контура машины таким образом, чтобы магнитные силовые линии пересекали плоскость датчика. Датчик имеет две системы электродов: токовые (рис. 1.5,а-б), служащие для подвода рабочего тока и «холловские» (рис. 1.5,в-г) - для снятия э.д.с. Холла. Выход датчика подключают к осциллографу. Ток питания датчика i_n устанавливают по миллиамперметру в зависимости от требуемого масштаба изображения и чувствительности осциллографа, а также вторичного тока машины.

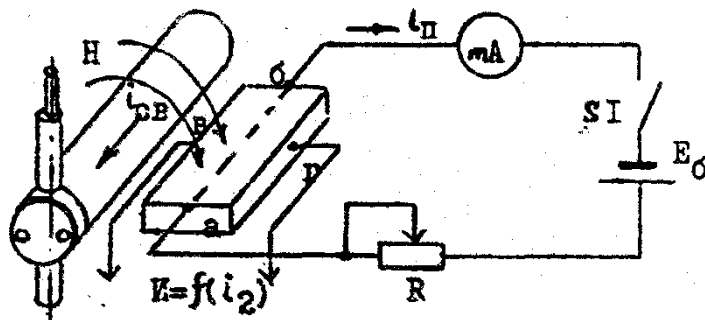


Рис. 1.5. Электрическая схема измерения сварочного тока датчиком Холла

1.1.3. Измерение и регистрация времени сварки

Для измерения длительности сварочного импульса нашли применение электромеханические секундомеры, например типа ПВ-53Щ. В этом приборе в качестве движущего элемента используется поляризованное реле. При прохождении по обмотке возбуждения переменного тока якорь реле колеблется между полюсами постоянного магнита с частотой 50 Гц, приводя в движение стрелку прибора.

Для измерения на машинах переменного тока электросекундомер подключается параллельно первичной обмотке сварочного трансформатора (рис. 1.6). При напряжении питания 380 В последовательно с прибором включается добавочное сопротивление $R = 3 \text{ кОм}$.

Электросекундомеры типа ПВ дают значительную погрешность (особенно при измерении импульсов длительностью менее 0,06-0,08 с). Для получения более точных измерений пользуются декатронными счетчиками типа СИ-2 или производят запись импульсов тока с помощью осциллографа, у которого имеется либо отметчик времени (светолучевой осциллограф), либо калибратор развертки (электронно-лучевой осциллограф).

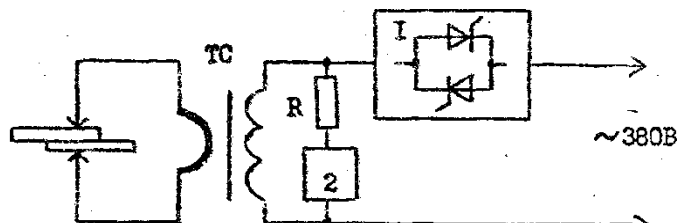


Рис. 1.6. Схема измерения длительности протекания сварочного тока: 1 — контактор; 2 — электросекундомер (счетчик импульсов)

1.1.4. Измерение и регистрация усилия сжатия

Для измерения статического усилия на электродах сварочных машин применяют различные динамометры.

Гидравлический динамометр состоит из стальной диафрагмы, внутренняя полость которой соединена штуцером с манометром. Полость прибора заполнена маслом. Шкала манометра градуирована в единицах силы.

Принцип действия пружинного динамометра основан на измерении индикатором часового типа величины деформации плоской пружины. Показания динамометров в делениях индикатора по градуировочным кривым или таблицам переводят в единицы силы. Основная погрешность измерения пружинными динамометрами типа ДПС составляет $\pm 3\%$.

Перед измерением усилия необходимо проверить соосность электродов (роликов) и состояние привода. Привод считается хорошо отрегулированным, если при снятии давления воздуха ползун опускается в нижнее положение. Для измерений динамометр помещают между электродами сварочной машины (рис. 1.7,а). При отключенном токе включают привод и

снимают показания с индикатора динамометра. Затем по градуировочному графику, прилагаемому к динамометру, определяют усилие электродов.

Для регистрации кривой изменения усилия на электродах во времени (динамического усилия) используют осциллограф и специальные датчики, которые преобразуют измеряемое усилие в пропорциональный ему электрический сигнал. В качестве таких датчиков нашли применение потенциометрические, пьезоэлектрические, тензометрические и другие.

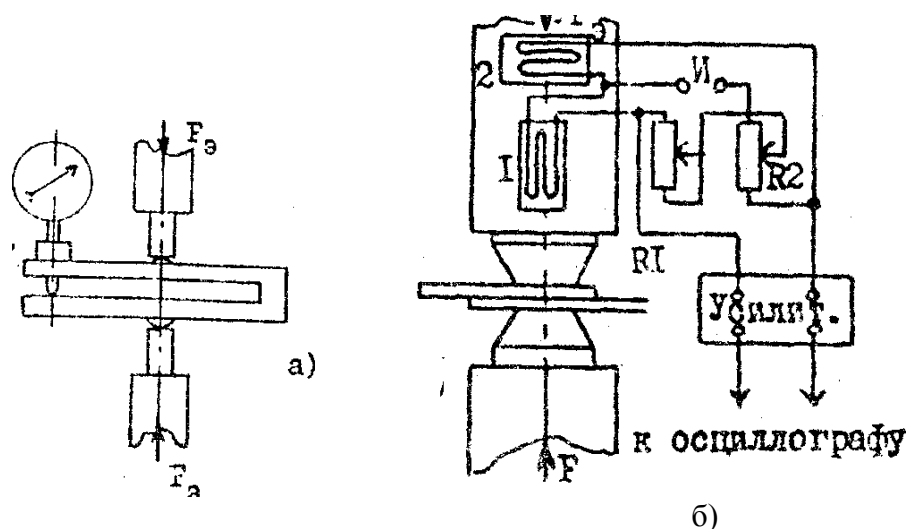


Рис. 1.7. Измерение статического и динамического усилий на электродах: а - измерение статического усилия динамометром ДПС; б - схема устройства для измерения динамических усилий с помощью тензометрических датчиков

Тензометрические проволочные датчики наклеивают на один из элементов вторичного контура, воспринимающего нагрузку (рис. 1.7,б). Датчик 1 воспринимает деформации элемента от нагрузки, а датчик 2 используется для термокомпенсации моста. К одной из диагоналей моста подключается источник стабилизированного напряжения; с другой его диагонали сигнал через усилитель подается на осциллограф. Перед измерением мост балансируют изменением сопротивления его плеч. При сбалансированном мосте величина и знак на выходе усилителя будут пропорциональны нагрузке. Масштаб осциллограммы нетрудно определить, записав на тех же установках известное постоянное по величине усилие, измеренное, например, пружинным динамометром.

1.2. Оборудование и материалы

- 1.2.1. Контактная машина типа МТ-1220, МШ-1001 и др.
- 1.2.2. Амперметр сварочного тока универсальный типа АСУ-1М.
- 1.2.3. Катушка индуктивности с интегрирующим контуром.
- 1.2.4. Датчик сварочного тока ДСТ-2М.
- 1.2.5. Электросекундомер ПВ-53Ш с добавочным сопротивлением 3 кОм.
- 1.2.6. Осциллограф электронный запоминающий типа С9-8.
- 1.2.7. Динамометр пружинный типа ДПС-1 с градуировочным графиком.
- 1.2.8. Инструкции по эксплуатации приборов.
- 1.2.9. Измерительные провода.
- 1.2.10. Медная пластина толщиной 2-3 мм.
- 1.2.11. Пластины размером 20×80×0,8 из н.у. стали - 4 шт.

1.3. Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности измерения параметров режима сварки на контактных машинах?
2. Назовите достоинства и недостатки датчиков тока различного типа.
3. Назовите основные функциональные элементы прибора АСУ-1М.
4. Каков порядок подготовки прибора АСУ-1М к работе?
5. Принцип работы датчика Холла.
6. В чем заключаются особенности измерения времени сварки на контактных машинах различного типа?
7. Как, пользуясь электронным осциллографом, замерить сварочный ток и время его протекания?

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ РАСЧЕТНЫМ ПУТЕМ

ЦЕЛЬ: Освоение методики расчета режима контактной сварки нахлесточных соединений по заданной толщине и марке материалов.

2.1. Общие сведения

Основными параметрами режима точечной сварки, определяющими качество сварных соединений, являются:

- величина сварочного тока;
- время протекания сварочного тока;
- усилие сжатия электродов;
- размеры контактной поверхности электродов.

2.1.1. Выбор формы и размеров контактной поверхности электродов

Форма и величина контактной поверхности электродов - факторы, существенно влияющие на размеры и стабильность литого ядра и, соответственно, на выбор параметров режима сварки. Применяют либо плоскую, либо сферическую форму рабочей поверхности (РП) электродов (рис. 2.1).

Плоскую форму рабочей поверхности с конусной заточкой электрода применяют на машинах с вертикальным ходом электродов. Они используются при сварке металлов с повышенным сопротивлением деформации (стали, жаропрочные сплавы и др.) и не склонных к массопереносу (стали, никелевые, титановые сплавы и др.).

Сферическую форму используют на машинах с любым ходом электродов для сварки металлов с пониженным сопротивлением деформации, склонных к массопереносу, к горячим трещинам и раковинам (алюминиевые, магниевые, медные, некоторые марки титановых сплавов и др.), при высоких требованиях к качеству соединения (минимальные вмятины, отсутствие выплесков и т.д.).

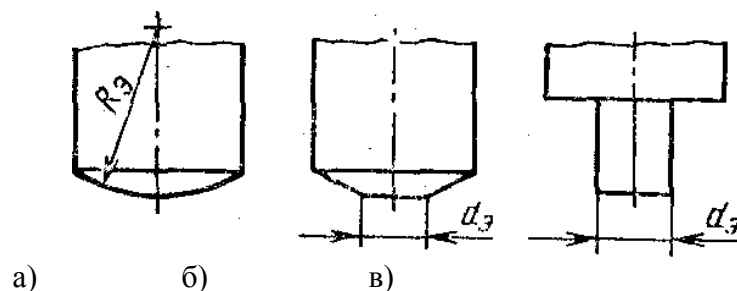


Рис. 2.1. Форма рабочей части электродов: а - сферическая с сферической РП; б - коническая с плоской РП; в - цилиндрическая с плоской РП

Размеры контактной поверхности электродов зависят от толщины свариваемых деталей δ . При сварке листов толщиной до 1,0 мм диаметр электродов с плоской РП вычисляется по эмпирическому выражению (2.1)

$$d_э = 2\delta + 3 \quad , \quad (2.1)$$

а при толщине более 1,0 мм - по выражению (2.2)

$$d_э = 2\delta + 4 \quad . \quad (2.2)$$

При сварке электродами со сферической РП радиус сферы определяется по выражению

$$R_э = 50\delta + 25 \quad . \quad (2.3)$$

2.1.2. Усилие сжатия электродов

Усилие сжатия электродов влияет на электрическое сопротивление в зоне сварки и, как следствие, на количество выделяемого при прохождении тока тепла, а также на степень уплотнения ядра в процессе кристаллизации. Необходимое усилие сжатия электродов растет с увеличением толщины металла.

Для низкоуглеродистой стали усилие в Н определяется по выражению

$$F_{\text{сж}} = (1 \div 2) \delta * 10^3, \quad (2.4)$$

где δ - толщина более тонкой детали в мм.

При сварке среднеуглеродистых и низколегированных сталей усилие сжатия электродов увеличивается в 1,5÷2 раза по отношению к сварке низкоуглеродистой стали. При сварке сталей аустенитного класса типа 12X18H10T, 04X18H10 и др. величина рассчитанного усилия увеличивается в 1,5 раза. Для жаропрочных сталей и сплавов типа ХН70Ю, ХН38ВТ и др. усилие должно быть больше в 2,5÷3 раза. Величина усилия при сварке титановых и алюминиевых сплавов принимается равной усилию, рассчитанному для сварки низкоуглеродистых сталей.

2.1.3. Время протекания сварочного тока

Время протекания сварочного тока определяется свойствами и толщиной свариваемого материала, его реакцией на термический цикл, подготовкой поверхности, типом оборудования и характером производства. Например, низкоуглеродистые стали, мало реагирующие на термический цикл, можно сварить на «мягких» и «жестких» режимах. В массовом производстве, особенно при сварке тонколистовых сталей на автоматических машинах применяют «жесткие» режимы.

Алюминиевые сплавы и латуни из-за высокой тепло- и электропроводности следует сваривать также на «жестких» режимах.

При расчете режимов сварки длительность протекания тока вычисляют по формуле

$$t_{\text{св}} = K_T \delta, \quad (2.5)$$

где K_T - коэффициент, зависящий от материала (табл. 2.1);

δ - толщина более тонкой детали в мм.

Расчетное значение $t_{\text{св}}$ необходимо округлить до целого числа периодов переменного тока промышленной частоты.

Таблица 2.1

Материал	K_T	
	«мягкий» режим	«жесткий» режим
Низкоуглеродистые стали	0,3	0,08
Нержавеющие стали	0,16	0,08
Жаропрочные сплавы	0,3	0,15
Алюминий и его сплавы	0,1	0,07
Титан и его сплавы	0,16	0,1
Латуни	0,16	0,08

2.1.4. Расчет сварочного тока

Сварочный ток (в кА) рассчитывают по закону Джоуля-Ленца

$$I_{\text{св}} = \sqrt{\frac{Q}{0,24 m R_{\text{д}} t_{\text{св}}}}, \quad (2.6)$$

где Q - общее количество тепла, выделяемого при сварке точки в деталях и переходных контактах, кал;

m - коэффициент, учитывающий изменение сопротивления в процессе сварки и зависящий от свойств свариваемого материала (для стали $m = 1,0$; для алюминиевых и магниевых сплавов $m = 1,15$; для коррозионно-стойких сталей $m = 1,2$; для сплавов титана $m = 1,4$);

R_d - собственное сопротивление «горячих» деталей, мкОм;

$t_{св}$ - время протекания сварочного тока, с.

Количество тепла (в кал), необходимое для сварки отдельной точки, может быть определено из уравнения теплового баланса при точечной сварке

$$Q = Q_{пол} + Q_1 + Q_2 + Q_3, \quad (2.7)$$

где $Q_{пол}$ - тепло, расходуемое на нагрев условно выделенного центрального столбика металла диаметром d_z , зажато между электродами (рис. 2.2);

Q_1 - потери тепла на нагрев деталей внецентрального столбика.

Q_2 - потери тепла в электроды;

Q_3 - потери тепла лучеиспусканием с поверхности свариваемых деталей.

С учетом скрытой теплоты плавления за среднюю температуру неравномерно нагретого центрального столбика можно принять температуру плавления $T_{пл}$. Тогда при сварке двух деталей толщиной $\delta_1 + \delta_2$ полезное тепло определяется следующим выражением

$$Q_{пол} = (\delta_1 + \delta_2) \frac{\pi d_z^2}{4} c \gamma T_{пл}, \quad (2.8)$$

где c - средняя теплоемкость при нагреве до температуры плавления, кал/(г*°C);

γ - плотность материала, г/см³.

В металле, окружающем центральный столбик, температура понижается от $T_{пл}$ до комнатной. Средняя температура нагреваемого кольца шириной X_o приближается к $T_{пл}/4$. Ширина кольца X_o растет с увеличением продолжительности нагрева и с повышением температуропроводности свариваемого металла

$$X_o = 4\sqrt{at_{св}}, \quad (2.9)$$

где a - температуропроводность свариваемого металла, см²/с.

Свойства некоторых свариваемых материалов приведены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Теплофизические свойства некоторых металлов и сплавов

Материал	γ , г/см ³	$T_{пл}$, °C	α , °C ⁻¹	a , см ² /с	ρ_o , мкОм*с м	c , кал/г*°C
Н.у. стали	7,85	1530	0,006	0,15	15	0,18
30ХГСА	7,85	1480	0,006	0,15	22	0,115
40ХНМА	7,85	1480	0,006	0,1	20	0,115
1Х18Н9Т	7,86	1440	0,004	0,038	70	0,125
Х20Н80	8,17	1390	0,0001	0,28	100	0,11
Никель	8,9	1453	0,0068	0,23	7,3	0,115
Титан	4,5	1725	0,0038	0,073	60	0,162
Латунь Л62	8,5	905	0,004	0,26	7,1	0,1
Д16	2,8	650	0,004	0,6	4,5	0,12
Амц	2,73	650	0,004	0,7	4,2	0,2
АМг	2,72	650	0,004	0,68	4,4	0,2

Потери тепла на нагрев деталей внецентрального столбика при сварке двух деталей толщиной $\delta_1 + \delta_2$ равны

$$Q_1 = K_1 \pi X_o (d_o + X_o) (\delta_1 + \delta_2) c \gamma \frac{T_{nl}}{4}, \quad (2.10)$$

где $\pi X_o (d_o + X_o) (\delta_1 + \delta_2)$ - объем условного кольца, см³;

K_1 - коэффициент, учитывающий, что действительная средняя температура кольца меньше $\frac{T_{nl}}{4}$. Принимают $K_1=0,8$.

Потери тепла в электроды можно приближенно определить, принимая температуру на их контактной поверхности равной $\frac{T_{nl}}{2}$.

При этом средняя температура интенсивно нагреваемого участка электродов длиной X_o^I (см. рис. 2.2) равняется $\frac{T_{nl}}{8}$.

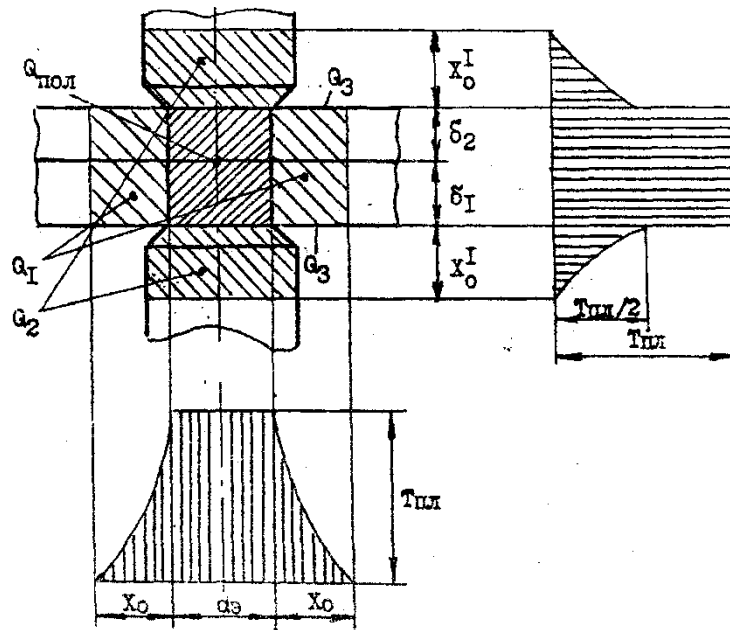


Рис. 2.2. Расчетная схема теплового баланса при точечной сварке

Область распространения тепла в электроды (расстояние X_o^I) равна

$$X_o^I = 4\sqrt{a^I t_{св}}$$

где a^I - температуропроводность материала электродов. Для медных электродов $a^I = 1,05$ см²/с.

Суммарные потери тепла в два электрода равны

$$Q_2 = K_2 2 \frac{\pi d_o^2}{4} X_o^I c^I \gamma^I \frac{T_{nl}}{8}, \quad (2.11)$$

где K_2 - коэффициент, учитывающий форму электрода. Для конического электрода с плоской контактной поверхностью $K_2 = 1,5$;

γ^I - удельная плотность материала электродов. Для медных электродов $\gamma^I = 8,9$ г/см³;

c^I - удельная теплоемкость материала электродов. Для электродов из меди $c^I = 0,095$ кал/г°С.

При точечной сварке, особенно на «жестких» режимах, величиной Q_3 можно пренебречь ввиду кратковременности процесса.

Собственное сопротивление деталей к концу сварки, принимаемое за расчетное сопротивление участка цепи между электродами, может быть найдено, исходя из допущения, что контакт между деталями в конце сварки распространяется на всю площадку диаметром d_{np} , который зависит от диаметра электродов и толщины деталей

$$d_{np} = d_э + \beta \delta \quad , \quad (2.12)$$

где δ - толщина более тонкой детали, мм;

β - коэффициент, зависящий от усилия сжатия электродов и времени сварки. При сварке на «жестких» режимах $\beta = 1,0$; при сварке на «мягких» режимах $\beta = 1,5 \div 1,7$.

Таким образом, к концу сварки ток к каждой детали будет подводиться через контакты диаметрами $d_э$ и d_{np} (рис. 2.3).

Для определения границ растекания линий тока, из концов диаметров, проводятся прямые под углом 45° . При этом каждая свариваемая деталь условно разбивается на две пластинки неравной толщины δ^I и δ^{II} (при сварке разнотолщинных деталей построения необходимо выполнять для каждой детали).

Собственное сопротивление пластинки толщиной δ с контактами неодинакового размера, неравномерно нагретой в условиях точечной сварки, можно приближенно рассчитать как полусумму сопротивления двух пластинок, толщиной δ^I и δ^{II} , зажатых, соответственно, между электродами $d_э$ и d_{np}

$$R = K_3 \left(A_1 \rho_T^I \frac{4\delta^I}{\pi d_э^2} + A_2 \rho_T^{II} \frac{4\delta^{II}}{\pi d_{np}^2} \right) \quad , \quad (2.13)$$

где A_1 и A_2 - коэффициенты, зависящие, соответственно, от отношения $d_э/\delta^I$ и d_{np}/δ^{II} и учитывающие, что фактическое сопротивление детали меньше сопротивления цилиндра металла, зажатого между электродами $d_э$ и d_{np} . Эти коэффициенты определяются по графику, представленному на рис. 2.4;

ρ_T^I и ρ_T^{II} - удельные сопротивления деталей, соответственно, при температурах T_1 и T_2 . При сварке деталей из низкоуглеродистых сталей $T_1 = 1200^\circ\text{C}$ и $T_2 = 1500^\circ\text{C}$, а для алюминиевых сплавов $T_1 = 450^\circ\text{C}$ и $T_2 = 630^\circ\text{C}$;

K_3 - коэффициент, учитывающий неравномерность нагрева деталей. Для сталей $K_3 = 0,85$; для алюминиевых сплавов $K_3 = 0,9$.

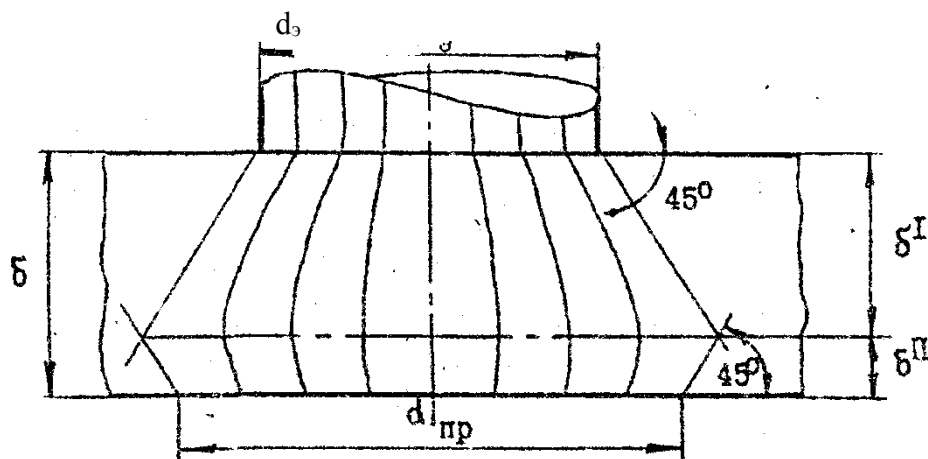


Рис. 2.3. Схема поля тока для расчета сопротивления детали

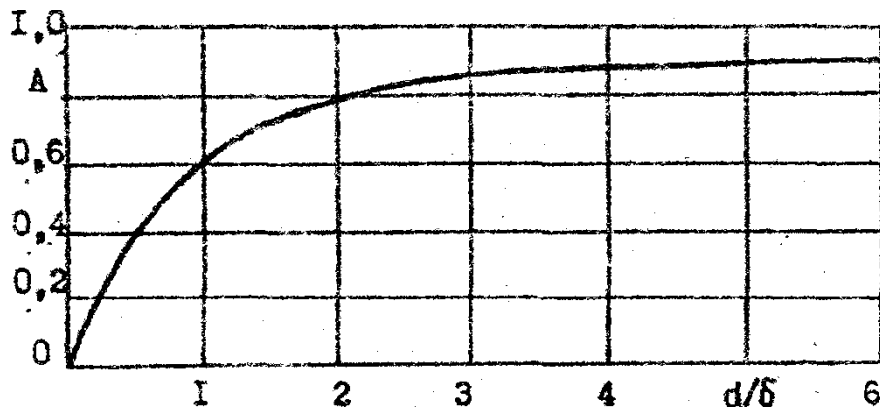


Рис. 2.4. Зависимость коэффициента A от отношения d/δ

Удельные сопротивления определяются по формуле:

$$\rho_T = \rho_o (1 + \alpha T) , \quad (2.14)$$

где ρ_o - удельное сопротивление металла при 20°C;

α - температурный коэффициент сопротивления;

T - температура нагрева, при которой определяется ρ_T .

При сварке деталей равной толщины производится расчет сопротивления одной детали и в формулу (2.6) подставляется удвоенная его величина. При сварке деталей неодинаковой толщины производится расчет для обеих деталей и в формулу (2.6) подставляется их сумма.

2.2. Оборудование и материалы

2.2.1. Пластины для сварки из одноименных или разноименных металлов - по указанию преподавателя одинаковой или разной толщины: низко- и среднеуглеродистые стали; легированные стали и сплавы; никелевые, титановые, медные и алюминиевые сплавы размером 20×80×(0,5÷3,0) мм.

2.2.2. Микрокалькуляторы.

2.2.3. Машина для контактной точечной сварки типа МТ-1220.

2.2.4. График внешних характеристик данной машины.

2.2.5. Масштабная линейка и транспортир.

2.2.6. Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.

2.2.7. Электромеханический секундомер типа ПВ-53Щ.

2.2.8. Набор слесарного инструмента (напильник, зубило, молоток и тиски).

2.2.9. Пружинный динамометр ДПС-1.

2.3. Порядок расчета основных параметров режима сварки

2.3.1. По приведенной выше методике рассчитать значения основных параметров режима сварки для предложенных преподавателем образцов.

2.3.2. По внешним характеристикам контактной машины графически определить оптимальную ступень включения сварочного трансформатора, обеспечивающую возможность установки полученного расчетом тока.

Для определения необходимой ступени включения сварочного трансформатора, обеспечивающей требуемый ток, на графике внешних характеристик машины (зависимость $U_2=f(I_{св})$) строится линия сопротивления свариваемых деталей. Угол наклона линии сопротивления определяется по формуле

$$\alpha_R = \arctg(M_R R_D) , \quad (2.15)$$

где M_R - масштабный коэффициент сопротивления ($M_R = M_U/M_I$);

M_U - масштабный коэффициент напряжения, мм/В;

M_I - масштабный коэффициент тока, мм/А.

На графике внешних характеристик через начало координат под углом α_R проводится линия сопротивления свариваемых деталей. На оси абсцисс откладывается значение полученного расчетом тока $I_{св}$ и из полученной точки восстанавливается перпендикуляр до пересечения с линией сопротивления. Ближайшая (большая) от точки пересечения ступень и будет оптимальной.

2.3.3. Заправить электроды на машине, обеспечив требуемый диаметр контакта. Установить вычисленные значения параметров режима: усилие сжатия электродов, время протекания сварочного тока. Установить ступень включения трансформатора и ручку фазовой регулировки «Нагрев» (на блоке управления) в положение, обеспечивающее ток короткого замыкания, составляющий 75% от максимального тока на данной ступени.

2.3.4. Сварить пластины, измеряя при этом величину сварочного тока и время сварки. В случае отклонения тока от требуемой величины подстроить его значение ручкой «Нагрев».

2.3.5. Разрушить сваренный образец в тисках о помощью зубила и молотка (точка разрушается на отрыв согласно рис. 2.5) и сравнить диаметр сварной точки с её расчетным значением

$$d_m = (0,9 \div 1,4)d_s \quad (2.16)$$

2.3.6. При значительном отклонении размера сваренной точки от расчетного значения объяснить причину расхождения.

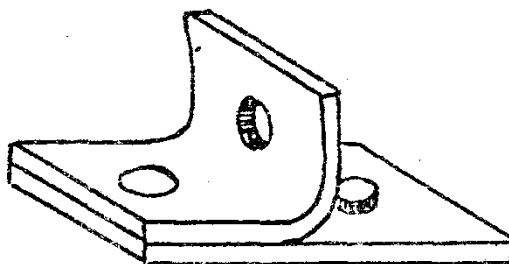


Рис. 2.5. Образец технологической пробы

2.4. Контрольные вопросы

1. Какие основные параметры определяют режим точечной сварки?
2. Как Вы понимаете термины «мягкий» и «жесткий» режимы?
3. Порядок расчета сварочного тока.

3. АТТЕСТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИМЕРЕ КОНТАКТНЫХ ЭЛЕКТРОСВАРОЧНЫХ МАШИН

ЦЕЛЬ: Приобретение практических навыков в проведении аттестации и составлении паспорта контактной машины

3.1 Общие сведения

В процессе эксплуатации отдельные элементы и узлы сварочной машины и аппаратуры управления могут изменять свои характеристики, что ухудшает работу сварочного оборудования. Поэтому каждая контактная машина должна проходить ежегодную аттестацию, а также обязательно после капитального ремонта. Аттестация включает в себя составление паспорта (паспортизацию) и свидетельства о пригодности машины к эксплуатации при сварке определенных металлов в соединениях различной ответственности.

Паспортизация машин заключается в выполнении контрольных замеров и записи основных технических характеристик. Полученные данные записываются в специальную ведомость - паспорт, где указываются тип и мощность машины, её инвентарный номер, даты выпуска, капитального ремонта и т.п. Во время паспортизации проверяют все электрические, механические и технологические характеристики машины и связанной с ней аппаратуры управления на соответствие её параметров нормативно-техническим документам. Параметры машины соответствуют паспортным, если отклонения их средних значений от паспортных данных находятся в следующих пределах:

- сварочный ток $\pm 5\%$;
- длительность сварочного тока $\pm 5\%$;
- длительность паузы при шовной сварке $\pm 5\%$;
- параметры дополнительного импульса тока $\pm 10\%$;
- сварочное усилие $\pm 8\%$;
- ковочное усилие $\pm 10\%$;
- скорость при шовной сварке $\pm 10\%$;
- сопротивление вторичного контура для машин переменного тока $\pm 20\%$, постоянного тока, низкочастотных и конденсаторных $\pm 10\%$.

При несоответствии параметров машины паспортным данным устанавливают причину отклонений параметров, после чего машина подлежит ремонту. В отдельных случаях после ремонта (перематка трансформатора, изменение вылета консолей и т.п.) может быть допущено изменение паспортных данных машины. Новые средние значения параметров вносят в паспорт взамен старых.

Все измерения при паспортизации проводятся с помощью стандартных или специальных приборов. Для более оперативной настройки контактной машины на технологический режим таблицы и графики, полученные при паспортизации, вывешиваются на машине или около нее.

3.1.1. Паспортизация конструктивных данных машины

Конструктивные данные для заполнения паспорта определяются осмотром машины и соответствующими измерениями. К таким данным относятся:

- габаритные размеры машины;
- полезный вылет электродов;
- максимальное расстояние между электродами;
- установочная высота нижнего электрода;
- диаметр отверстия для свечей (электродов);
- диаметры нижнего и верхнего роликов;
- расстояние между плитами;

- ход подвижной плиты;
- типы механизмов зажатия;
- типы приводов сжатия и осадки;
- тип привода вращения ролика;
- тип сварочного трансформатора;
- способ регулирования вторичного напряжения;
- количество ступеней регулирования сварочного тока;
- пределы регулирования усилия на электродах (усилие сжатия электродов измеряют при выключенном токе);
- пределы регулирования скорости сварки;
- производительность машины при автоматическом режиме работы;
- расход охлаждающей воды, л/час.

В машинах с пневматическим приводом механизма сжатия усилие на электродах замеряется при изменении давления воздуха редуктором через каждые 0,5 кг/см². На основании полученных данных составляется таблица и строится график зависимости усилия от давления воздуха.

Скорость шовной сварки измеряют без включения тока, при номинальном усилии сжатия роликов для трех положений регулятора скорости вращения роликов - минимального, среднего и максимального. Линейная скорость вращения роликов, т.е. скорость сварки (в м/мин), определяется после измерения диаметра ведущего ролика и времени его оборота

$$V_{св} = \frac{\pi d_p}{t_{об}}, \quad (3.1)$$

где d_p - диаметр ведущего ролика, м;

$t_{об}$ - время одного оборота ролика, мин;

Количество сварных точек, поставленных за минуту при автоматическом режиме работы точечной машины, определяется на основе хронометража при минимальной продолжительности цикла сварки.

Часовой расход воды замеряют общий и в каждой ветви системы при полностью открытых вентилях. Кроме того, определяют и записывают в паспорте сечение трубопроводов и давление воды в сети.

3.1.2. Паспортизация электрических устройств машины

Электрические параметры контактной машины определяются по табличке, укрепленной на машине, а также проведением необходимых измерений и расчетов. Паспортизация начинается с замера напряжения питающей сети и определения сечения сетевого кабеля.

Для прерывателя или регулятора цикла сварки составляется таблица по результатам замеров выдержек времени электросекундомером или осциллографом на каждом из четырех потенциометров («Сжатие», «Сварка», «Проковка», «Пауза»).

Активное сопротивление вторичного контура определяется методом вольтметра-амперметра. К электродам подключается источник постоянного тока, обеспечивающий ток в десятки и более ампер. С этой целью можно использовать сварочный генератор или выпрямитель для дуговой сварки. Во время опыта необходимо одновременно измерять силу тока и падение напряжения на электродах. Тогда сопротивление сварочного контура (мкОм)

$$R_{вк} = \frac{U_{ээ}}{I_{шт}} 10^3, \quad (3.2)$$

где $U_{ээ}$ - падение напряжения на электродах, мВ;

I_{unn} - величина постоянного тока, А.

Измерения параметров тока и напряжения для определения активного сопротивления вторичного контура машины производятся при выключенной управляющей цепи контактора или при отключенном переключателе ступеней мощности сварочного трансформатора.

Индуктивное сопротивление сварочного контура находится после измерения охватываемой контуром площади

$$X = S^{0,73} * 10^{-6}, \quad (2.3)$$

где X — индуктивное сопротивление, Ом;

S — площадь, охватываемая контуром (площадь берется по осям сечений), см².

Паспортизация электрических устройств контактной машины заканчивается замерами напряжения между электродами сварочной машины и токов короткого замыкания по ступеням. При измерении вторичного напряжения холостого хода между электродами зажимают пластину из изоляционного материала (текстолит, фибра и т.п.). К электродам машины подключается вольтметр переменного тока на 10 ÷ 15 В.

Измерение токов короткого замыкания производят на первой, последней и одной из промежуточных ступеней трансформатора. У машин, имеющих фазовое регулирование тока («Нагрев»), производят измерения при крайних и двух промежуточных положениях регулятора нагрева. Каждый параметр (при одном положении органов управления машиной) измеряют не менее трех раз, и в паспорт заносят среднее значение параметра.

Кроме отмеченных выше электрических параметров, в паспорт машины вносятся следующие:

- номинальное первичное напряжение, В (табл. на машине);
- номинальная частота питающей сети, Гц (табл. на машине);
- количество фаз для силовой электрической части машины и для вспомогательных цепей;
- номинальная потребляемая мощность, кВА (табл. на машине);
- номинальная продолжительность включения машины, ПВ%;
- допускаемая длительная мощность $P_{дл}$, кВА (формула 3.4);
- номинальный сварочный ток, кА (табл. на машине);
- особенности аппаратуры управления.
-

$$P_{дл} = P_{ном} \sqrt{\frac{ПВ}{100}}, \quad (3.4)$$

где $P_{ном}$ - номинальная потребляемая мощность, кВА;

ПВ - номинальная продолжительность включения.

3.1.3. Свидетельство о пригодности машины к эксплуатации

Свидетельство характеризует технологические возможности машины и, в известной степени, стабильность установленного режима сварки. Свидетельство составляют по результатам сварки различных образцов - минимальной и максимальной для данной машины толщин металла или различных сочетаний толщин и марок металла, применяемых в производстве. При сварке образцов следует руководствоваться соответствующей технологической документацией по режимам сварки. Сварка образцов для заполнения свидетельства производится на машине, прошедшей паспортизацию. Параметры режима сварки образцов фиксируются по положениям органов настройки аппаратуры управления, а также по показаниям измерительных приборов в абсолютных единицах (кА, даН и т.п.).

Для одного и того же режима сваривают такое количество образцов, которое позволяет

провести необходимый объём механических и металлографических испытаний. Макроструктура исследуется не менее чем на трех образцах, механические испытания - не менее чем на десяти образцах. Разброс прочности сварных точек на образцах не должен превышать $\pm 15\%$ или величины, указанной в ТУ.

3.2. Оборудование и материалы

- 3.2.1. Контактная машина (по указанию преподавателя).
- 3.2.2. Вольтметр переменного тока $10 \div 15\text{В}$.
- 3.2.3. Источник постоянного тока на $20 \div 100\text{А}$.
- 3.2.4. Милливольтметр постоянного тока с пределом измерения $10 \div 50\text{ мВ}$.
- 3.2.5. Амперметр постоянного тока с пределом измерения 100А .
- 3.2.6. Пружинный динамометр типа ДПС.
- 3.2.7. Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.
- 3.2.8. Электросекундомер типа ПВ-53Щ.
- 3.2.9. Осциллограф электронно-лучевой с запоминанием С9-8.
- 3.2.10. Соединительная колодка для подключения источника постоянного тока ко вторичному контуру машины.
- 3.2.11. Соединительные и измерительные провода.
- 3.2.12. Часы с секундной стрелкой.
- 3.2.13. Стальная линейка, рулетка, штангенциркуль.
- 3.2.14. Инструкции по эксплуатации оборудования и приборов.

3.3. Контрольные вопросы

1. Почему и когда необходимо проводить аттестацию оборудования для контактной сварки?
2. Какие конструктивные данные, электрические и механические характеристики машины подлежат периодическому освидетельствованию?
3. Какова методика измерения сопротивления вторичного контура; напряжения холостого хода в сварочном контуре; скорости сварки и производительности машины; времени интервалов «сжатие», «проковка» и «пауза»?
4. По результатам каких работ составляется свидетельство о пригодности машины к эксплуатации?
5. Какой разброс воспроизведения параметров режима контактной машиной считается допустимым?

4. НАСТРОЙКА ШОВНЫХ КОНТАКТНЫХ МАШИН НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Научиться выбирать по справочным материалам параметры режима шовой сварки; приобрести опыт работы по настройке шовных машин на оптимальный режим; изучить влияние отдельных параметров режима на геометрию сварного шва.

4.1. Общие сведения

4.1.1. Общие положения

Настройка контактных машин заключается в подготовке машины к работе, выборе режима сварки и настройке машины на этот режим, поддержании режима путем сохранения постоянных величин параметров сварки.

Режим сварки обычно устанавливают по таблицам ориентировочных режимов, которые в настоящее время достаточно хорошо разработаны для основных групп металлов, встречающихся на практике. Если необходимо сваривать новый металл, то, зная его основные свойства (электро- и теплопроводность, температуру плавления, жаропрочность) всегда можно найти группу металлов с близкими свойствами, для которой известен ориентировочный режим сварки.

Данные таблиц и номограмм, которые имеются в литературе по контактной сварке, часто значительно отличаются друг от друга. Это объясняется широким диапазоном параметров сварки, при которых можно получить требуемое качество сварного соединения некоторых металлов, а также большим разнообразием условий сварки. Чем лучше сваривается металл, тем шире диапазон параметров сварки.

При освоении производственного процесса в первую очередь необходимо добиться получения требуемого качества продукции, что особенно важно при подборе режима контактной сварки. Вторым критерием правильно установленного режима является устойчивая работа оборудования. Это условие значительно легче соблюдать при средних значениях параметров настройки для данной машины, т.е. по возможности нужно устанавливать среднюю ступень трансформатора, среднее усилие сжатия, среднее время сварки и т.д.

Настройку на рекомендованный режим легко выполнить при условии предварительно проведенной паспортизации машины или применяя приборы для замера отдельных параметров режима сварки.

Режим сварки настраивают на технологических образцах, идентичных свариваемым деталям по марке, состоянию и толщине металла, форме и подготовке поверхности. Ввиду большого разнообразия контактных машин процесс наладки может иметь некоторые особенности для каждого типа машины и тем более для каждого вида сварки.

4.1.2. Наладка шовных машин

Наладка шовой машины аналогична наладке точечных машин. Отличие заключается в проверке работы педали. При шовой сварке используются двух- и трехходовые педали. В первом случае при нажатии на педаль верхний электрод-ролик должен опускаться до соприкосновения с нижним электродом. При отпускании педали включается сварочный ток и начинают вращаться ролики. При повторном нажатии педали выключается сварочный ток, вращение роликов прекращается, после чего верхний электрод поднимается. Во втором случае включение сварочного тока и начало вращения роликов происходит после второго нажатия на педаль, а выключение сварочного тока, остановка вращения роликов и подъем верхнего электрода происходят после третьего нажатия на педаль. В любом случае нарушение последовательности включения и выключения устройств машины не допускается.

Шовную сварку можно рассматривать как точечную с близким расположением точек

друг от друга. Величина сварочного тока, длительность сварочного импульса и усилие сжатия электродов также влияют на механическую прочность сварного соединения, как и при точечной сварке. Для надежности и устойчивости работы машины устанавливают среднее усилие сжатия электродов, самую низкую ступень сварочного трансформатора, средний нагрев и длительность импульса сварки в 3 периода (0,06 с). Время перерывов между импульсами первоначально устанавливается максимальное. Скорость сварки берется 2 м/мин.

На таком режиме сваривается одна точка на образцах и машина быстро выключается. Определяется прочность сварного соединения в разрывной машине или разрушением сварной точки в тисках при помощи зубила и молотка. Если прочность точки недостаточна (нет вырыва основного металла), то режим постепенно увеличивают: повышают ступень трансформатора, увеличивают длительность импульса до 4-6 периодов, поворачивают ручку регулятора «Нагрев» до положения, соответствующего 75% среднего тока на данной ступени. Если при сварке точек заметны признаки большого количества тепла (выплески, прожоги), то следующие точки свариваются на ослабленном режиме: снижается степень нагрева, уменьшается длительность импульса тока и т.д. После получения удовлетворительного по механической прочности соединения в одной точке переходят к сварке сплошного шва.

Для получения сплошного шва точки должны перекрывать одна другую не менее чем на 1/3 своего диаметра. Это условие достигается при определенном соотношении длительности сварочного импульса, длительности перерывов между импульсами и скорости сварки. От длительности импульса зависит диаметр точки, а от длительности перерывов и скорости сварки - расстояние между центрами точек. Практикой установлено, что плотный шов можно получить при соотношении величин длительности импульса и паузы, равном для сталей 1:1, а для алюминиевых сплавов 1:2 при скорости сварки, равной, соответственно, 1÷2 м/мин и 0,5÷1 м/мин.

Исходя из этих данных и результатов подбора режима точечной сварки, устанавливают пробный режим шовной сварки. Обычно при переходе от сварки точки к сварке сплошного шва необходимо включить трансформатор на более высокую ступень или повернуть ручку регулятора «Нагрев» в сторону увеличения. Корректировка пробного режима шовной сварки производится до получения соединения требуемой прочности. Кроме прочности проверяется внешний вид сварного шва, его ширина и глубина отпечатка ролика на поверхности детали (вмятины).

Правильно установленный режим сварки гарантирует хорошее качество шва. При нарушении режима сварки могут образоваться такие дефекты, как пережог, непровар, выплески, глубокие вмятины и т.д.

Пережог образуется в результате слишком большой выдержки под током, малого давления, малой скорости сварки и плохого контакта свариваемых деталей. Пережог характеризуется окисленной поверхностью и большим ореолом цветов побежалости вокруг отдельных точек.

Причинами непровара являются малый ток, недостаточное время выдержки под током, малое давление и слишком высокая скорость сварки. При сварке металла с загрязненной поверхностью могут образоваться пережог и непровар. Очень часто при этом наблюдаются выплески металла.

Глубокие вмятины образуются при малой ширине рабочей поверхности роликов и слишком большом давлении. Глубина отпечатка ролика не должна превышать 10% толщины свариваемых листов.

4.1.3. Контроль герметичности швов

Неплотность шва связана с большим шагом между точками, нарушением режима (по току, давлению, длительности импульсов, скорости, а также по диаметру и ширине роликов), с плохой сборкой деталей, большой разницей диаметров верхнего и нижнего роликов и т.д.

Герметичность швов может проверяться гелием и фреоном с использованием специальных течеискателей, керосино-меловой пробой и проведением пневматических

испытаний.

Для проведения керосино-меловой пробы сваривают «карманы». Это две пластины, обваренные по дуге. После сварки с помощью зубила пластины отгибают и в место разъема наливается несколько граммов керосина. Для выявления дефектных мест внешнюю часть «кармана» предварительно покрывают водным раствором мела или каолина и просушивают. Неплотности шва обнаруживают по появлению жирных ржавых точек на меловом или каолиновом покрытии. Появление отдельных точек указывает на наличие неплотностей (например, местных прожогов), а появление полосок свидетельствует о значительных непроварах.

При пневматических испытаниях в одной из двух свариваемых пластин сверлят отверстие диаметром 5-10 мм и приваривают трубку. Сварка образцов производится по замкнутому кругу. Технологический образец испытывают сжатым воздухом на сетевое давление (4-5 кг/см²). Для этого на приваренный к образцу штуцер надевают дюритовый шланг и образец погружают в водяную ванну. Под давлением сжатого воздуха образец деформируется и принимает форму подшки. Если воздух не выходит через шов, т.е. пузырьки в воде не обнаружены, то качество образца по плотности удовлетворительно.

4.2. Оборудование и материалы

4.2.1. Шовная машина типа МШ1001.

4.2.2. Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.

4.2.3. Заготовки образцов из листовой холоднокатаной низкоуглеродистой стали, низко- и высоколегированных сплавов толщиной 0,5÷1,5 мм (по указанию преподавателя).

4.2.4. Секундомер.

4.2.5. Раствор мела и керосин.

4.2.6. Кисточка и слесарный инструмент.

4.3. Контрольные вопросы

1. Что входит в понятие «режим шовой сварки»? Как его выбирают?
2. Почему литературные данные ориентировочных режимов часто отличаются друг от друга?
3. Какие требования предъявляются к технологическим образцам, используемым для настройки режима?
4. Назовите особенности настройки на режим шовных машин.
5. Назовите основные критерии правильно установленного режима.
6. Каковы причины образования дефектов шовой сварки: пережога, непровара, выплесков, глубоких вмятин и др.?
7. Методы контроля шовой сварки на герметичность (плотность)?
8. Какие бывают методы испытания соединений, выполненных шовой сваркой?
9. Каково влияние основных параметров режима шовой сварки на геометрические размеры сварного шва?

5. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАСС И ШУНТИРОВАНИЯ ТОКА НА КАЧЕСТВО КОНТАКТНОЙ СВАРКИ

ЦЕЛЬ: Изучить влияние на качество контактной сварки и выяснить зависимость прочности сварной точки от количества ферромагнитной массы, введенной в контур машины, и шунтирования сварочного тока.

5.1 Общие сведения

5.1.1. Влияние ферромагнитных масс

Часто технологи подбирают оптимальный режим сварки на образцах малых размеров, забывая о том, что реальное изделие представляет собой крупногабаритную конструкцию, введение которой в сварочный контур машины может внести заметные изменения в его электрические параметры, и, следовательно, в режим сварки.

При точечной (рельефной) и шовной сварке стальных листовых конструкций в плоскости деталей перпендикулярно оси электродов концентрируются магнитные потоки Φ_n (рис. 5.1,а). При шовной сварке цилиндрических деталей кроме плоского поля, создаваемого сварочным током $I_{св}$, в цилиндре будет замыкаться и кольцевое поле Φ_k , создаваемое током $I_{св}$ во вторичном контуре при прохождении его через нижнюю консоль. Эти потоки создают дополнительную индуктивность, которая играет отрицательную роль в процессе сварки, уменьшая сварочный ток. Индуктивное сопротивление, создаваемое магнитными потоками Φ_n и Φ_k , будет различным в зависимости от того сварена или нет часть конструкции, находящаяся в пространстве вторичного контура. Если сварена, то в ней замыкается поток гораздо больший, чем когда она собрана на прихватках.

В связи с этим, для уменьшения влияния магнитных потоков, и особенно Φ_k , на силу сварочного тока необходимо вести сварку, не вводя деталь в сварочный контур, а наоборот, выводя ее из контура, как показано стрелкой на рис. 5.1,б. В первую очередь это касается сварки ферромагнитных материалов с высокой магнитной проницаемостью.

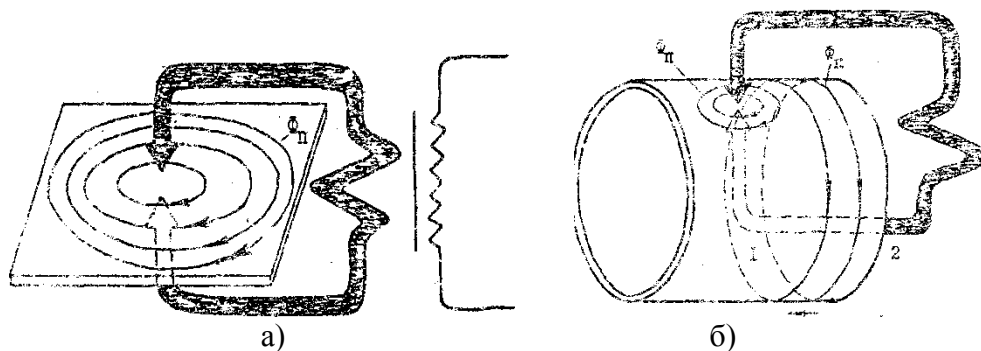


Рис. 5.1. Магнитные потоки в свариваемых стальных деталях: а - плоское магнитное поле; б - плоское и кольцевое магнитные поля

Необходимо также помнить, что переменный магнитный поток, пронизывающий детали, вызывает образование в них вихревых токов Фуко. Токи Фуко нагревают детали.

Потери на вихревые токи проявляются в виде изменения активного сопротивления вторичного контура машины и установленного значения сварочного тока.

Таким образом, наличие ферромагнитных масс во вторичном контуре машины может существенно повысить общее сопротивление контура, уменьшить сварочный ток и, как следствие, размеры и прочность соединения.

5.1.2. Влияние шунтирования тока

Для технолога представляет интерес не только распределение тока в зоне свариваемого контакта, но и вне его. Особенно в случаях стыковой сварки кольцевых деталей, многоточечной двухсторонней и односторонней сварки и др. Для примера на рис. 5.2 и 5.3 показаны картины распределения токов при стыковой сварке колец и многоточечной сварке листов.

При рассмотрении схемы стыковой сварки замкнутого кольца (рис. 5.2) видно, что вторичный ток I_2 , подводимый от сварочного трансформатора к губкам А и Б зажатия свариваемых концов, разветвляется на две составляющие: сварочный ток $I_{св}$ и ток шунтирования $I_{ш}$, ответвляющийся во внешнюю часть кольца. Это приводит к уменьшению тепловыделения в зоне сварки, которое уменьшается тем больше, чем больше поперечное сечение детали и удельное сопротивление материала.

Для снижения тока шунтирования при стыковой сварке пользуются двумя способами. При первом способе для кольцевых деталей малого сечения (до 30-40 мм²) производится сварка одновременно двух стыков, т.е. двух полуколец. При втором способе, для кольцевых деталей большого диаметра (колеса, бандажи и др.) ток шунтирования снижают до минимума путем надевания на внешнюю часть кольца разъемного железного сердечника. В этом случае последний является ферромагнитной массой, которая существенно повышает индуктивное сопротивление ветви шунтирования.

Особенно эффективен данный прием при сварке кольцевых деталей из высокоэлектропроводного или немагнитного материала (медь, алюминий, их сплавы и др.). Дело в том, что при прохождении переменного тока шунтирования через кольцевую деталь вокруг неё создаётся магнитный поток: в воздухе - внешний $\Phi_{вн}$, а в самом металле - внутренний $\Phi_{вн}$ (рис. 5.2). В зависимости от магнитных свойств металла количество магнитных линий внутри его будет различным и, как следствие, больше или меньше будет индуктивное сопротивление ветви шунтирования и ток через неё. В частности, при сварке ферромагнитных материалов это сопротивление может быть настолько значительным, что необходимость в дополнительных приемах снижения тока шунтирования отпадает.

Намного труднее, а часто и вообще невозможно уменьшить ток шунтирования при точечной сварке: например, при одностороннем подводе тока или когда регламентированное технологией (исходя из требований к конструкции) расстояние (шаг) между точками меньше допустимого.

Наличие расположенных близко к зоне соединения электрических контактов по кромкам деталей или в сваренной точке приводит к тому что часть вторичного тока I_2 шунтируется ($I_{ш}$) через эти контакты (рис. 5.3). При этом характерным для точечной сварки является то, что при наличии шунтирования или без него величина вторичного тока $I_2 = I_{св} + I_{ш}$ остается почти неизменной, а величину сварочного тока $I_{св}$ нельзя измерить. Уменьшение сварочного тока $I_{св}$ отрицательно сказывается на прочности точки.

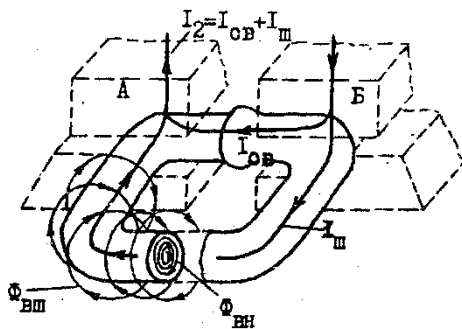


Рис. 5.2. Распределение вторичного тока I_2 на сваривающий $I_{св}$ и ток шунтирования $I_{ш}$ при сварке кольцевых изделий

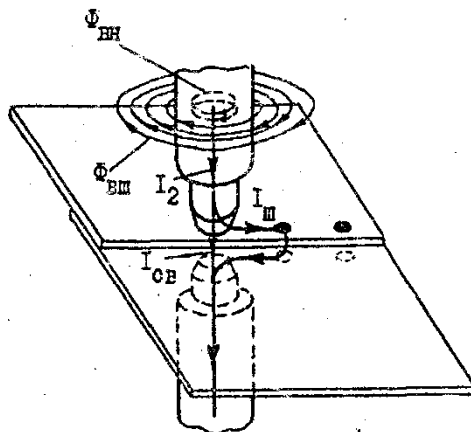


Рис. 5.3. Распределение токов при многоточечном соединении

Степень шунтирования тока через кромки деталей, ранее сваренную точку или верхнюю деталь при односторонней сварке зависит от тепло- и электропроводности металла, его толщины, шага между точками и расстояния до края деталей, а также от порядка постановки точек и количества деталей в пакете. Поэтому для различных металлов и толщин рекомендуется минимально допустимый шаг, при котором ток шунтирования незначительно снижает прочность соединения. В тех случаях, когда по конструктивным или другим соображениям принимается шаг точек меньше минимально допустимого, необходимо установить в выбранном режиме сварки ток на 10-30% больше, чем при сварке тех же деталей, но одиночной точкой.

5.2. Оборудование и материалы

- 5.2.1. Контактная машина МТ-1220.
- 5.2.1. Амперметр сварочного тока типа АСУ-1М.
- 5.2.3. Разрывная машина типа РГ-250М.
- 5.2.4. Штангенциркуль.
- 5.2.5. Набор слесарного инструмента.
- 5.2.6. Кольца из ферромагнитного материала.
- 5.2.7. Образцы для сварки размером $100 \times 30 \times (0,5 \div 1,0)$ из различных материалов (по указанию преподавателя).
- 5.2.8. Наждачная бумага.

5.3. Контрольные вопросы

1. В чем сущность влияния ферромагнитной массы, внесенной в контур сварочной цепи, на прочность сварного соединения?
2. В чем заключается сущность шунтирования при контактной сварке?
3. Как влияют шунтирование и ферромагнитные массы на прочность сварной точки?

6. ЗНАКОМСТВО С ТЕХНОЛОГИЕЙ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СТЫКОВОЙ СВАРКИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА НА КАЧЕСТВО СОЕДИНЕНИЙ

ЦЕЛЬ: Научиться выбирать по справочным материалам параметры режима стыковой сварки. Изучить влияние отдельных параметров режима на качество сварного соединения.

6.1 Общие сведения

6.1.1. Сварка сопротивлением

Этот способ обычно применяют при сварке деталей небольших поперечных сечений из чёрных и цветных металлов и их сплавов: сталей (до 200 мм²), меди, латуни, бронзы, алюминия (до 100 мм²).

Подготовка торцов деталей под сварку сопротивлением состоит в ровной обработке и тщательной зачистке до металлического блеска. Подготовку можно осуществлять на токарных станках, дисковыми пилами, наждачными кругами и т.д. Основное условие качественной сварки - плотное прилегание свариваемых торцов по всему сечению. Учитывая это, стыковую сварку сопротивлением не применяют для деталей сложной конфигурации, а также с большой площадью поперечного сечения. В этих случаях даже при хорошей обработке торцов невозможно добиться равномерного разогрева по всему сечению, в результате чего, как правило, в стыке образуются непровары.

Поверхность деталей для лучшего электрического контакта с токоподводящими электродами должна быть зачищена от ржавчины, масла, грязи и др. по всей длине, зажимаемой в электроды (губки). Мелкие детали (звенья цепей, заготовки инструмента и т.д.) зачищают в галтовочных барабанах с кварцевым песком и сухими древесными опилками. Крупные детали в местах токоподвода зачищают переносными наждачными кругами.

В массовом производстве широко применяется травление в кислоте с последующей нейтрализацией в щелочи.

Процесс сварки сопротивлением выполняют в следующей последовательности:

- детали с ровно обрезанными и хорошо зачищенными торцами зажимают в электродах (губках) машины и сдавливают;
- включают сварочный ток и торцевые поверхности деталей разогреваются до температуры близкой к температуре плавления ($0,8-0,9 T_{пл}$) материала свариваемых деталей;
- производят осадку разогретых торцов;
- выключают сварочный ток и детали вынимают из зажимов.

К основным параметрам стыковой сварки сопротивлением относятся: сварочный ток; длительность нагрева (время сварки); величина давления осадки; установочная длина (т.е. длина концов деталей, выступающих из электродов); величина осадки.

Сварочный ток оказывает большое влияние на качество сварки. При малом токе могут появиться непровары и включения окислов. Слишком большой ток может привести к перегреву или пережогу металла. Величину тока подсчитывают как произведение необходимой плотности тока на площадь поперечного сечения заготовок. Плотность тока лежит в довольно широких пределах от 10 до 200 А/мм². С увеличением площади поперечного сечения деталей плотность тока следует уменьшать. Цветные металлы и их сплавы сваривают на токах больших плотностей. Сварочный ток регулируют переключателем ступеней мощности.

Длительность нагрева или время прохождения тока через детали в основном зависит от выбранной плотности тока и площади поперечного сечения свариваемых деталей и составляет обычно от десятых долей секунды до нескольких секунд. С увеличением площади поперечного сечения длительность нагрева увеличивается. При слишком длительном нагреве возможно образование в стыке окислов и малопластичной перегретой структуры металла. Время прохождения тока регулируют специальными устройствами или вручную нажатием на

пусковую кнопку.

Давление осадки выбирают в зависимости от площади поперечного сечения, температуры нагрева и марки металла. При недостаточном давлении может появиться непровар, а при чрезмерном давлении возможно образование трещин. Давление осадки подсчитывают как произведение удельного давления на площадь поперечного сечения заготовок. Удельное давление, применяемое при сварке цветных металлов и сплавов составляет $10 \div 15 \text{ МН/м}^2$, а при сварке сталей $20 \div 50 \text{ МН/м}^2$. Для ускорения нагрева в начале сварки дается небольшое давление, а к концу сварки, т.е. в момент осадки, его увеличивают. Механизм регулировки величины давления осадки у машин различных типов различный: пружинный, кулачковый, пневматический и т.д.

Установочная длина оказывает большое влияние на нагрев свариваемых деталей. При небольшой установочной, длине стык нагревается плохо вследствие усиленного отвода тепла в медные электроды (губки), обычно охлаждаемые водой. При большой установочной длине в хорошо нагреваемом стыке образуется слишком большое утолщение, кроме того, возможна потеря устойчивости и искривление свариваемых деталей. Обычно установочная длина принимается равной $0,5 \div 2$ диаметра стержня. При сварке разнородных металлов их установочная длина различна.

Величину осадки выбирают в зависимости от поперечного сечения свариваемых деталей в пределах $2 \div 10 \text{ мм}$. Общая осадка распределяется на осадку под током и осадку без тока. При недостаточной осадке в стыке возможны непровары, окислы и шлаковые включения. При завышенной величине осадки возможно искривление волокон и образование трещин.

6.1.2. Сварка оплавлением

Этот способ применяется при сварке деталей из углеродистых и легированных сталей с большим поперечным сечением, тонкостенных деталей с развитым сечением, при сварке разнородных металлов (сталь с медью, медь с алюминием и т.п.).

При сварке оплавлением к подготовке торцов деталей особых требований не предъявляют. В процессе оплавления все неровности на поверхности стыка оплавляются и выравниваются. На сварку могут поступать детали непосредственно после рубки или газовой резки с окалиной и даже ржавчиной на поверхности торцов. Единственное требование к заготовкам - это хорошая зачистка их поверхностей в местах токоподвода.

Сущность сварки оплавлением состоит в том, что между торцами деталей при медленном их сближении под током в одной или нескольких точках возникает электрический контакт. В результате незначительного давления, развиваемого в контакте, его переходное сопротивление будет значительным. В контакте выделяется большое количество тепла и между торцами деталей образуется перемычка жидкого металла. Эта перемычка под действием раскаленных газов взрывается и жидкий металл выбрасывается из стыка в виде искр, брызг и паров. При дальнейшем медленном сближении деталей в соприкосновение входят следующие части металла, которые также расплавляются и взрываются. Когда вся поверхность торцов оплавится и покроется тонким слоем жидкого металла, детали резко сдавливают и выключают ток. При сдавливании жидкий металл вытесняется вместе с окислами из стыка, образуя так называемый грат, а расположенный под ним твердый металл сваривается.

Сварку оплавлением можно осуществлять непрерывным оплавлением или оплавлением с предварительным подогревом.

Процесс сварки непрерывным оплавлением протекает в следующей последовательности:

- детали зажимают в электроды (губки) машины с небольшим зазором;
- включают сварочный трансформатор и детали сближают, возбуждается процесс оплавления;
- дают осадку под током;
- ток выключают и дают окончательную осадку без тока;

- детали освобождают из зажимов.

Процесс сварки оплавлением с предварительным подогревом протекает аналогично, только перед началом оплавления детали подогревают непосредственно в машине. Подогревать можно методами сопротивления или прерывистого оплавления.

При подогреве методом сопротивления детали сближают при включенном сварочном токе и выдерживают в сомкнутом состоянии $0,2 \div 5,0$ с (в зависимости от сечения). Затем их разводят и снова сводят. Общее число таких смыканий может быть от 3 до 30. После нагрева торцов до температуры $(800 \div 1100)^\circ\text{C}$ возбуждается процесс непрерывного оплавления.

При подогреве методом прерывистого оплавления детали периодически смыкаются и размыкаются под током. Торцы при этом разогреваются с обильным выбрасыванием искр из стыка. После последнего размыкания начинается процесс оплавления. В дальнейшем в обоих случаях процесс сварки протекает также, как и при непрерывном оплавлении.

Для возбуждения и поддержания устойчивого процесса оплавления необходимо повышенное (по сравнению со сваркой сопротивлением) напряжение на электродах машины.

К основным параметрам стыковой сварки оплавлением относятся: сварочный ток; установочная длина; скорость оплавления и скорость осадки; давление осадки.

Сварочный ток устанавливают в зависимости от необходимой плотности тока. Плотность тока при сварке непрерывным оплавлением углеродистых сталей должна быть меньше, чем при сварке сопротивлением ($10 \div 50$ А/мм²). При сварке с предварительным подогревом плотность тока может быть уменьшена до $3 \div 10$ А/мм². При сварке цветных металлов и сплавов плотность тока увеличивают до $100 \div 150$ А/мм².

Установочная длина при сварке оплавлением оказывает такое же влияние на качество соединения, как и при сварке сопротивлением.

Скорость оплавления оказывает большое влияние на нагрев деталей. При небольшой скорости оплавления увеличивается глубина прогрева. Обычно в начале процесса скорость оплавления небольшая, особенно при сварке деталей с большим поперечным сечением. Перед осадкой, во избежание окисления торцов деталей, скорость оплавления увеличивают.

Скорость осадки в несколько раз превышает скорость оплавления и растет с увеличением склонности металла к окислению. При небольшой скорости осадки частицы окислов и загрязнений не успевают выдавиться из стыка, а следовательно, прочность его снижается.

Давление осадки выбирают по площади поперечного сечения заготовок и необходимому удельному давлению, зависящему от способа сварки и металла.

В результате оплавления и осадки размер деталей уменьшается. Это необходимо учитывать при разметке и резке заготовок. Для получения готовых сварных изделий необходимой длины заготовки должны быть изготовлены с определенным припуском на оплавление и осадку.

Правильно установленный режим обеспечивает хорошее качество сварного стыка. Возможные дефекты, связанные с нарушением режима сварки, а также причины их возникновения приведены в табл. 6.1.

6.2. Оборудование и материалы

6.2.1. Машина для стыковой сварки типа МС-301.

6.2.2. Машина для испытания проволоки и полос на изгиб типа МГ-1.

6.2.3. Миллиметровая линейка.

6.2.4. Штангенциркуль.

6.2.5. Набор слесарных инструментов (тиски, молоток, зубило, напильник).

6.2.6. Стержни из стали, цветных металлов и их сплавов диаметром $3 \div 8$ мм (по указанию преподавателя).

Дефекты при стыковой сварке	
Вид дефекта	Возможные причины образования дефекта
Шлаковые включения в стыке	Неустойчивое оплавление. Малая величина осадки.
Непровар	Преждевременное выключение тока. Малая мощность машины. Низкое давление осадки.
Перегрев металла	Плохая подготовка торцов. Недостаточный припуск на оплавление и осадку.
Трещины в зоне сварки	Большой сварочный ток. Велик припуск на оплавление и осадку. Завышена установочная длина.
Смещение торцов заготовок	Большое давление осадки. Недостаточный предварительный нагрев. Малая установочная длина.
Подгары поверхности заготовок в местах токопод- вода	Перегрев металла. Недостаточная жесткость зажимов. Плохая подготовка торцов. Большая установочная длина. Плохая зачистка поверхности заготовок. Загрязнены электроды. Малое усилие зажатия. Плохое охлаждение электродов.

6.3. Контрольные вопросы

1. Назовите основные методы стыковой сварки.
2. Опишите технику ведения процесса сварки сопротивлением и непрерывным оплавлением.
3. Как производится подогрев деталей при сварке оплавлением с предварительным подогревом?
4. Что входит в основные параметры режима стыковой сварки сопротивлением и оплавлением?
5. Каково влияние параметров режима стыковой сварки на внешний вид и качество сварного стыка?

7. ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ МАЛЫХ ТОЛЩИН

ЦЕЛЬ: Знакомство с особенностями устройства оборудования для контактной точечной микросварки. Освоение техники настройки оборудования на режим и выполнение сварки конденсаторным импульсом тока. Приобретение навыков практического использования контрольно-измерительных приборов при контактной микросварке.

7.1 Общие сведения

7.1.1. Область применения и особенности точечной микросварки

Самое широкое применение контактная микросварка (сварка деталей толщиной от нескольких микрометров до 0,5 мм и диаметром от 0,05 до 1,0 мм) нашла в производстве изделий электроники и прецизионного приборостроения.

Микросварка имеет ряд особенностей, создающих дополнительные проблемы в технологии и выборе оборудования:

- из-за относительно малого собственного сопротивления деталей и малых сварочных усилий резко возрастает роль контактных сопротивлений как источника теплоты;
- нередко в контактах электрод-деталь выделяется почти столько же теплоты, сколько в сварочном контакте;
- исключительная жесткость режима сварки повышает чувствительность процесса к выплескам, массопереносу, увеличению рассеяния показателей прочности;
- большое разнообразие форм, размеров, сочетаний толщины материалов деталей создаёт сложности металлургического порядка и затрудняет нахождение оптимальных режимов сварки;
- более резкое влияние различных переменных факторов на качество сварных соединений (состояния поверхности, усилия сжатия деталей, диаметра электродов, времени сварки, перекоса электродов, их неточной установки и взаимного сдвига, массопереноса, большой крутизны нарастания сварочного тока, инерционности механизма сжатия, изменения сопротивления сварочного контура машины и др.).

Всё вышеперечисленное усложняет получение высококачественных соединений миниатюрных узлов. Высокую устойчивость качества микросварки удастся обеспечить лишь при ужесточении требований:

- к машине - в отношении постоянства параметров, малой инерционности механизма сжатия, достаточной жесткости сварочного контура;
- к технологии - в отношении тщательной отработки всех элементов технологического процесса, выбора оптимального режима, широкого использования контрольных приборов;
- к квалифицированному обслуживанию машин - в отношении регулярной проверки состояния сварочного контура, особенно его контактов, механизмов сжатия и др. систем.

Режим микросварки выбирают преимущественно жесткий (время сварки менее 0,01с) с использованием, как правило, конденсаторных машин. Находят применение также машины переменного тока обычной и повышенной частоты. Часто применяют предварительный подогрев при постоянном усилии сжатия. Первым (подогревным) импульсом тока стабилизируют электрический контакт и уменьшают склонность к выплескам, а вторым - производят сварку. Для этих же целей модулируют передний фронт импульса тока.

7.1.2. Сущность конденсаторной сварки

Конденсаторная точечная сварка является одним из способов сварки аккумулированной (накопленной) энергией. Она находит широкое применение в производстве благодаря ряду энергетических и технологических преимуществ по сравнению с другими видами точечной сварки. Основными из них являются:

- значительное снижение потребляемой из сети мощности, достигаемое тем, что накопление электрической энергии в конденсаторах происходит относительно медленно, а её расходование осуществляется за более короткое время;
- при неизменных значениях емкости и напряжения зарядки в батарее конденсаторов накапливается точно дозированное количество энергии, что обеспечивает стабильность результатов сварки (расплавляется объем металла, точно повторяющийся от сварки к сварке);
- малое время сварки (тысячные доли секунды) и концентрированное выделение тепла обеспечивают минимальную зону термического влияния, что позволяет сваривать металлы с высокой электро- и теплопроводностью (медь и её сплавы, серебро, алюминиевые сплавы и др.), а также металлы с резко отличными теплофизическими свойствами;
- жесткий режим увеличивает роль контактного сопротивления в выделении тепла, это позволяет сваривать соединения деталей с большой разницей в их толщине.

К недостаткам следует отнести:

- высокое напряжение в первичной обмотке сварочного трансформатора (до 1,5 кВ);
- значительную стоимость высоковольтных конденсаторов, используемых в конденсаторных дозировщиках сварочной энергии;

Упрощенная принципиальная электрическая схема машины для конденсаторной точечной сварки представлена на рис. 7.1.

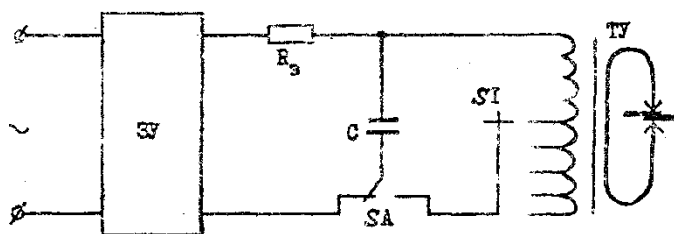


Рис. 7.1. Схема силовой части конденсаторной машины

Напряжение из сети подается на зарядное устройство 3U, где оно повышается до нужной величины (с помощью повышающего трансформатора) и выпрямляется.

Выпрямленное напряжение через переключатель SA и резистор R_3 подается на батарею конденсаторов C (сопротивление R_3 ограничивает максимальный ток зарядки). При сварке переключатель SA устанавливается в правое положение и батарея конденсаторов C разряжается на первичную обмотку сварочного трансформатора TV. В сварочной цепи индуцируется импульс сварочного тока.

Энергия (в Дж), накапливаемая батареей конденсаторов, равна

$$W = \frac{CU_3^2}{2}, \quad (7.1)$$

где C - ёмкость батареи конденсаторов, Ф ;

U_3 - напряжение зарядки конденсаторов, В .

Время заряда конденсаторов определяется по формуле

$$t_3 = 3R_3C, \quad (с) \quad (7.2)$$

где R_3 - токоограничивающее сопротивление, Ом.

В зависимости от электрических параметров трансформатора и сварочного контура разряд конденсаторов может быть апериодическим или колебательным.

Параметры импульса сварочного тока, а соответственно и его энергия регулируются с помощью емкости и напряжения заряда батареи конденсаторов, а также изменением коэффициента трансформации $K_{тр}$ сварочного трансформатора.

С увеличением ёмкости конденсаторов растет амплитуда и длительность импульса сварочного тока. Увеличение напряжения заряда конденсаторов приводит к увеличению

амплитуды импульса тока, но его длительность практически не изменяется. С уменьшением K_{mp} увеличивается амплитуда, а длительность импульса соответственно уменьшается.

7.1.3. Методика определения параметров режима контактной точечной микросварки

Режим точечной микросварки определяется величиной сварочного тока, временем сварки и усилием сжатия электродов. Режим конденсаторной сварки может быть подобран регулированием следующих параметров: величины ёмкости батареи конденсаторов; напряжения заряда конденсаторов; коэффициента трансформации; усилия сжатия электродов; формы и размеров контактных поверхностей электродов.

На практике параметры режима конденсаторной микросварки подбираются опытным путем или определяются по немногочисленным справочным таблицам, полученным по результатам сварки различных материалов на машинах конкретного типа.

Отсутствие данных о теплофизических свойствах свариваемых материалов в функции от температуры, нелинейный характер изменения источников нагрева и теплоотвода, различная конфигурация свариваемых деталей не позволяют выполнить точный математический расчет основных электрических и механических параметров режима сварки. Однако в ряде случаев с достаточной для практики точностью значения параметров могут быть определены по эмпирическим формулам, полученным различными авторами по результатам статистической обработки результатов многочисленных экспериментов.

Усилие сжатия электродов $P_э$, определяет условия формирования начального контакта деталь-деталь и электрод-деталь, а также условия упруго-пластического деформирования металла в зоне сварки. Для точечной микросварки оно может быть определено по формуле:

$$P_э = 0,75d_э^2\sigma_к, \quad (7.3)$$

где $d_э$ - диаметр контактной поверхности электрода, мм;

$\sigma_к$ - давление в контакте, равное $(5\div 10)$ кГ/мм² для пластичных материалов и $(10\div 30)$ кГ/мм² для жаропрочных сплавов и упрочненных материалов.

Длительность импульса сварочного тока $t_{св}$, определяющая степень жесткости режима сварки, а следовательно, интенсивность нарастания температуры в зоне сварки, оказывает существенное влияние на формирование литой зоны и условия деформирования металла соединения. На основании изучения влияния $t_{св}$ на характер формирования тепловых полей сварных точек предложено следующее соотношение предельных значений длительности мягкого ($t_{св.м}$), оптимального ($t_{св.о}$) и жесткого ($t_{св.ж}$) режимов

$$t_{св.м} : t_{св.о} : t_{св.ж} = 3 : 1 : \frac{1}{3}. \quad (7.4)$$

При ширине зоны термического влияния (ЗТВ), соответствующей режиму средней интенсивности или оптимальности ($ЗТВ \leq \delta$), оптимальное значение $t_{св}$ (в мс) может быть определено по эмпирической формуле

$$t_{св} = K_T \frac{\delta^2}{a} + K_\delta \delta, \quad (7.5)$$

где K_T - коэффициент, принимаемый для металлических чистых поверхностей в пределах $(2\div 2,5)$, а для окисленных – $(4\div 5)$;

δ - толщина более тонкой детали, мм;

a - температуропроводность свариваемого материала, см²/с;

K_δ - коэффициент, принимаемый равным 5,0 для диапазона свариваемых толщин $(0,05\div 0,5)$ мм.

Амплитуда импульса тока $I_{св}$ определяет, наряду с $t_{св}$, величину тепловложения и, следовательно, размеры литой зоны соединения. Для определения амплитуды сварочного тока

$I_{св}$ различными авторами предложены эмпирические формулы. Однако на практике ток $I_{св}$ наиболее целесообразно корректировать по данным металлографического анализа (так как указанные выше формулы получены с учетом ряда допущений). Следует также учитывать, что с увеличением $I_{св}$ глубина проплавления свариваемого металла увеличивается. При глубоком проплавлении (порядка $0,6 \div 0,8 \delta$) прочность сварных соединений, при прочих равных условиях, повышается, что связывают с отсутствием локально распределенных окисных пленок и неметаллических включений в плоскости сопряжения деталей.

Характер формирования соединений, от которого в значительной мере зависит их качество, определяется соотношением тепловыделения и теплоотвода в зоне контактной сварки. Интенсивность протекания этих процессов в большой степени зависит от площади физического контакта деталь-электрод и материала рабочей части последнего. При оптимальной интенсивности нагрева зоны сварки для получения качественного соединения диаметр контактной (рабочей) поверхности электрода $d_э$ должен составлять:

$$(3 \div 5)\delta \leq d_э \leq 10\delta \quad (7.6)$$

Если $d_э < 3\delta$, то, наряду с уменьшением прочности, возрастает вероятность образования выплесков и подплавления поверхностей деталей и электродов из-за недопустимого повышения плотности тока в контакте электрод-деталь и недостаточного отвода тепла в электроды.

В случае $d_э > (10 \div 15)\delta$ и оптимальной интенсивности нагрева, линии тока концентрируются по периферии контактной поверхности электрода (вследствие проявления скин-эффекта), а выравнивание температур в зоне сварки не успевает завершиться. Литое ядро образуется в виде тороида. В данном случае, хотя и обеспечивается высокая прочность, но герметичность соединения при шовной сварке не гарантируется, так как распределение плотностей линий тока носит случайный характер. Исключить образование тороидального ядра сварной точки при вынужденном использовании электродов с соотношением $d_э/\delta > (10 \div 15)$ можно лишь при увеличенной длительности импульса сварочного тока.

7.1.4. Особенности контроля качества точечных микросварных соединений

Качество точечных микросварных соединений в изделиях радиоэлектронной промышленности (РЭП) определяется их прочностью при низких и высоких температурах, статических и вибрационных нагрузках, ударах и больших ускорениях. Поэтому значительная деформация соединяемых деталей (рис. 7.2,а), непровар (рис. 7.2,б), малая площадь схватывания в зоне соединения (рис. 7.2,в), прожог даже одной из деталей (рис. 7.2,г) являются недопустимыми дефектами при микросварке.

Кроме того, условия работы, назначение, эксплуатационные параметры изделий определяют во многих случаях ряд специфических требований к качеству. К таким требованиям относятся:

- отсутствие в зоне сварки деталей раковин (рис. 7.2,д) и пор (рис. 7.2,е);
- при выполнении сварочной операции не должны образовываться выплески жидкого металла (рис. 7.2,ж), которые остаются в зоне сварки или прилипают к окружающим деталям;
- на поверхности зоны соединения не должно быть следов электродного материала (медь и её сплавы), способного при испарении ухудшить служебные свойства прибора;
- необходимо обеспечение заданной точности размеров и взаимного расположения свариваемых деталей;
- ЗТВ должна быть минимальной в связи с необходимостью выполнения сварки вблизи спая металла со стеклом или полупроводниковым элементом;
- сварные соединения должны иметь хороший внешний вид и др.

Таким образом, качество точечных микросварных соединений изделий РЭП является обобщенным показателем, определяемым перечисленными выше требованиями.

Стремительные темпы развития и усложнение электронной аппаратуры обуславливают

всё более высокие требования к надежности изделий. Поэтому повышение качества микросоединений, выполненных точечной контактной сваркой является очень важной задачей.

В заводской практике прочностные характеристики микросварных соединений обычно определяют выборочными испытаниями на срез или отрыв, а также путем легкого натяжения в каждом изделии одной из свариваемых деталей относительно другой с помощью пинцета.

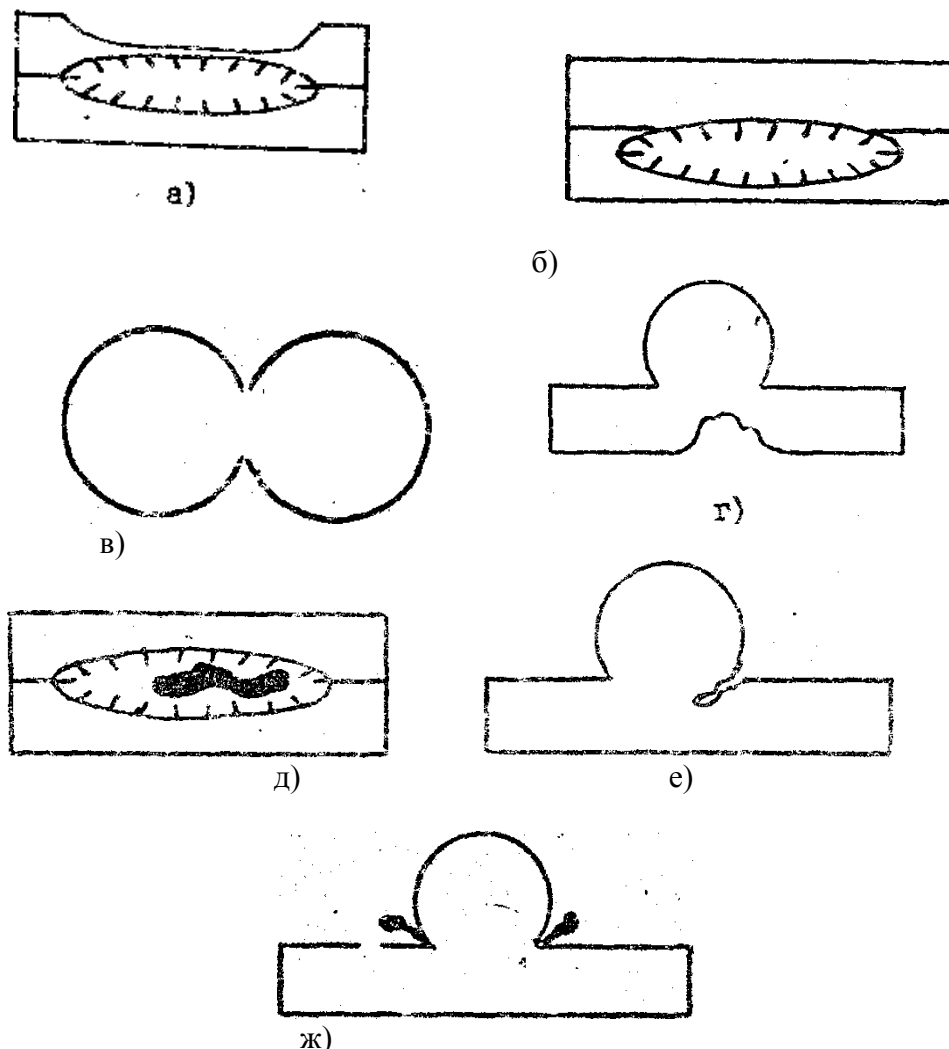


Рис. 7.2. Точечные микросварные соединения с различными видами брака: а, б, д – при сварке деталей типа лист+лист; в – провод+провод; г, е, ж – провод+лист

Низкие прочностные характеристики трудно поддаются 100%-му контролю (натяжение одной детали относительно другой не позволяет установить истинные прочностные характеристики соединений), поэтому значительная часть такого брака может пройти все стадии технологического цикла изготовления изделия и проявиться только в процессе эксплуатации прибора.

Наличие выплесков определяется внешним осмотром сварного соединения и близлежащих деталей визуально или с применением оптических средств при небольшом увеличении.

Также внешним осмотром выявляется наличие на поверхности деталей в зоне сварки пор, трещин, окисленных участков, следов, электродного материала и других загрязнений, прожога, значительной деформации зоны сварки (более 60% толщины или диаметра одной из

деталей), точность размеров и взаимного расположения свариваемых деталей.

Наличие внутренних раковин и трещин в микросварных соединениях в настоящее время можно обнаружить только с помощью металлографического анализа.

Как показывает производственный опыт, значительная часть брака по микросварке обнаруживается только при испытаниях и эксплуатации готовых изделий.

Так как невысокая надежность изделий РЭП во многом обусловлена низким качеством микросварных соединений, в настоящее время в нашей стране и за рубежом интенсивно ведутся исследовательские работы по изысканию неразрушающих способов 100%-ного контроля качества микросварных соединений по обобщающим параметрам, тесно коррелирующим с различными показателями качества этих соединений.

7.2. Оборудование и материалы

7.2.1. Установка УС.КТОП-6000.

7.2.2. Цифровой измеритель энергии ЦИЭ-1.

7.2.3. Разрывная машина РТ-250М.

7.2.4. Прибор для измерения сварочного тока КИСТ.

7.2.5. Электроннолучевой осциллограф с запоминанием С9-8.

7.2.6. Микроскоп МБС-9.

7.2.7. Ножницы для резки металла.

7.2.8. Штангенциркуль.

7.2.9. Пинцет.

7.2.10. Образцы для сварки: проволока и (или) лента из различных материалов (сталь, никель, латунь, бронза и др. по указанию преподавателя) диаметром $0,5 \div 1,0$ мм и толщиной $0,1 \div 0,3$ мм.

7.2.11. Плоский надфиль.

7.2.12. Инструкции по эксплуатации сварочной установки и приборов.

7.3. Контрольные вопросы

1. В чем сущность процесса конденсаторной сварки?
2. Каковы преимущества конденсаторной сварки?
3. Назовите основные узлы точечной конденсаторной машины.
4. На основании теоретического материала и исследований опишите влияние коэффициента трансформации, зарядного напряжения и ёмкости батареи конденсаторов на величину и форму импульса сварочного тока.
5. Что понимают под термином «микросварка»? Перечислите особенности микросварки, создающие дополнительные проблемы по отношению к макросварке.
6. Перечислите особенности микросварки, создающие дополнительные проблемы по отношению к макросварке.
7. При выполнении каких условий удастся получить высококачественные микросварные соединения?
8. Как определяются параметры режима контактной точечной микросварки?
9. Какую роль в получении качественного микросварного соединения играют размеры и материал электродов?
10. Назовите виды дефектов точечных микросварных соединений и возможные причины их образования.
11. Почему при контактной микросварке особенно остро ощущается отсутствие 100%-ного неразрушающего контроля?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сергеев Н.П. Справочник молодого сварщика на контактных машинах. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 159 с., ил. – (Профтехобразование).
2. Технология и оборудование контактной сварки. / Б.Д.Орлов, А.А.Чакалев, Ю.В.Дмитриев и др.; Под. общ.ред. Б.Д.Орлова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.; Машиностроение, 1986.- 352 с.
3. Глебов Л.В. Филиппов Ю.И., Чулошников П.Л. Устройство а эксплуатация контактных мдшин. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. - 312 с.
4. Гуляев А.И. Технология и оборудование контактной сварки. - М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
5. Ворона Д.С., Моравский В.Э. Пути снижения брака и повышения производительности сварочного производства изделий радиоэлектроники и точного приборостроения. - Киев: Знание, 1980. - 37с.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ

Приступая к выполнению лабораторных работ по контактной сварке, каждый студент обязан изучить необходимые инструкции по технике безопасности, пройти инструктаж и расписаться в соответствующем журнале.

Непосредственно перед лабораторной работой и в процессе ее выполнения необходимо соблюдать следующие основные правила безопасности:

- Неправильная эксплуатация электрооборудования может привести к поражению электрическим током.
- Все оборудование, применяемое для контактной сварки, содержат источники энергии, полностью или частично находящиеся под напряжением во время работы, поэтому работу на установках можно проводить только при наличии заземления. Включение установок следует производить с разрешения преподавателя или учебного мастера.
- Включение собранных электрических схем для исследования производится только с разрешения преподавателя или учебного мастера.
- Все изменения в схемах следует производить только после отключения от электрической сети.
- В перерывах в работе обязательно отключать электрооборудование от питающей электрической сети.
- Все установки для контактной сварки снабжены приводами механизма сжатия свариваемых деталей, создающими на электродах большое усилие. Наличие подвижной части в контактных машинах требует от работающих повышенного внимания и соблюдения мер безопасной работы.
- При механических испытаниях сварных образцов их установку и съем необходимо выполнять при полностью отключенном механизме нагружения.

ПРИЛОЖЕНИЕ

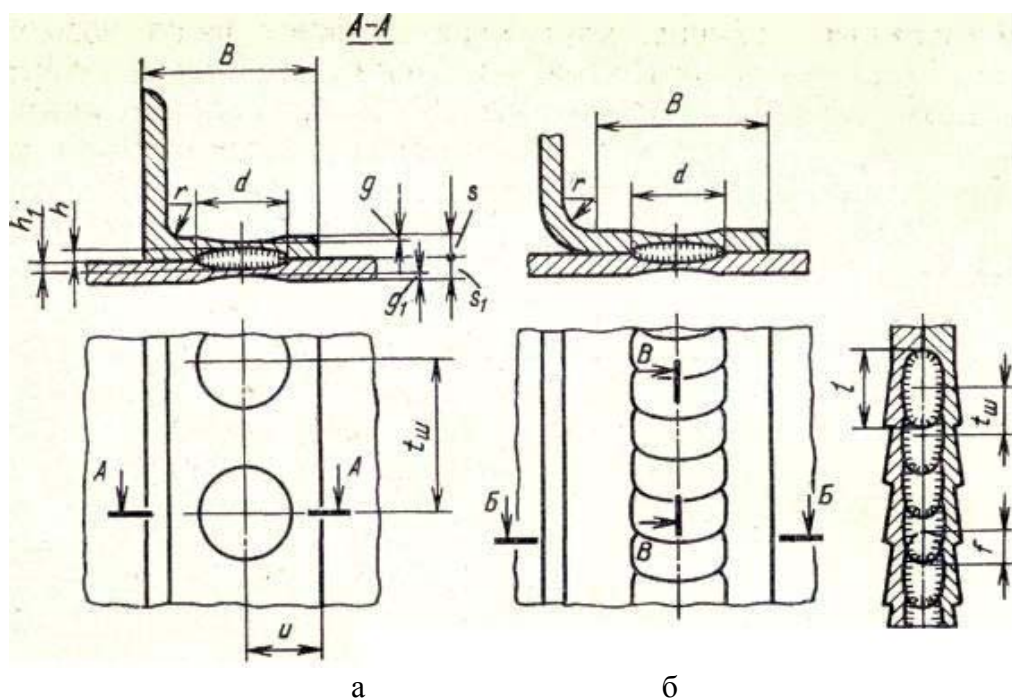


Рис. П1. Конструктивные элементы соединений при сварке:
а - точечной; б - шовной

Таблица П1

Размеры некоторых конструктивных элементов точечных и шовных соединений (ГОСТ 15878—79) при сварке деталей одинаковой толщины однорядным швом, мм (рис. П1)

Толщина деталей $S = S_1$	Минимальный диаметр литого ядра, ширина литой зоны d	Минимальная величина нахлестки B		Минимальный шаг между точками для алюминиевых, магниевых, медных сплавов, $t_{ш}$
		алюминиевые, магниевые, медные сплавы	стали, титановые сплавы	
0,5	3	10	8	10
1,0	4	14	11	15
1,2	5	16	13	17
1,5	6	18	14	20
2,0	7	20	17	25
2,5	8	22	19	30
3,0	9	26	21	35
4,0	12	32	28	45
5,0	14	40	34	55
6,0	16	50	42	65

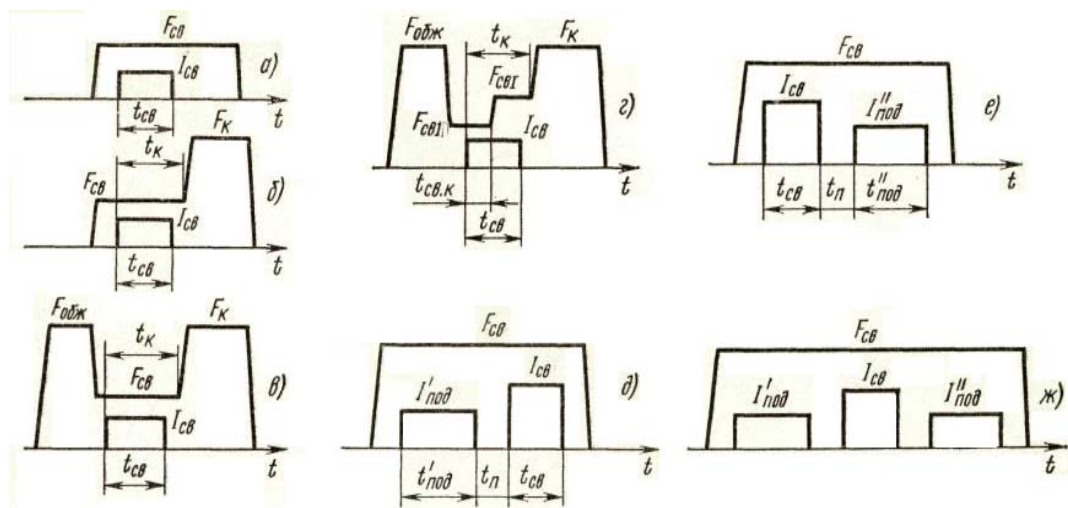


Рис. П2. Наиболее распространенные циклограммы усилия и тока при точечной сварке: *а* — с постоянным сварочным усилием $F_{св}$; *б* — то же и приложением ковочного усилия F_K ; *в* — с предварительным обжатием $F_{обж}$ и проковкой; *г* — со ступенчатым увеличением сварочного усилия (от $F_{свI}$ до $F_{свII}$) и проковкой F_K (импульс сварочного тока условно показан в виде прямоугольника); *д* — с предварительным подогревом; *е* — с последующим подогревом; *ж* — трехимпульсная программа с предварительным и последующим подогревами (сварочное усилие условно показано постоянным)

Таблица П2

Ориентировочные режимы точечной сварки низкоуглеродистых сталей на однофазных машинах переменного тока *

S, мм	Параметры режима					
	Циклограммы (рис. П2)	$I_{св.д.}$, кА	$t_{св.}$, с	$F_{св.}$, кН	F_K , кН	t_K , с
0,5	<i>а</i>	6—7	0,08—	1,2—		
0,8	<i>а</i>	7—8,5	0,1	1,8 2—2,8		
1,0	<i>а</i>	8,5—	0,1—	2,5—3		
1,2	<i>а</i>	9,5	0,14	3—4		
1,5	<i>а</i>	9,5—	0,12—	4—5		
2,0	<i>а</i>	10,5	0,16	6—7		
3,0	<i>б</i>	11—12	0,12—	9—10	18—	0,36
4,0	<i>б, в</i>	12—13	0,2	13—15	20 20—24	—0,54

* Форма рабочей поверхности электродов плоская

Таблица П2

Ориентировочные режимы шовной сварки низкоуглеродистых сталей на однофазных машинах переменного тока *

S, мм	Параметры режима					
	Цикло- граммы (рис. П2)	$I_{св.д}$, кА	$t_{св}$, с	$t_{п}$, с	$F_{св}$, кН	$V_{св}$, м/мин
0,5	<i>б</i>	7—8	0,02—	0,04—	1,5—	1—1,2
0,8	<i>б</i>	8,5—	0,04	0,06 0,04—	2 2—3	0,9—1
1,0	<i>б</i>	10	0,04—	0,08 0,08—	3—4	0,8—0,9
1,2	<i>б</i>	10,5—	0,06	0,1 0,1—0,2	4—5	0,7—0,8
1,5	<i>б</i>	12	0,06—	0,12—0,18	5—6	0,6—0,7
2,0	<i>б</i>	12—13	0,08	0,18—0,28	7—8	0,5—0,6
3,0	<i>б</i>	13—	0,08—	0,28—0,36	9—10	0,4—0,5

* Форма рабочей поверхности роликов цилиндрическая

Учебное текстовое электронное издание

**Платов Сергей Иосифович
Дема Роман Рафаэлевич
Ярославцев Алексей Викторович
Ярославцева Ксения Казбековна
Иванов Николай Иванович**

**ПЛАСТИЧЕСКОЕ ФОРМОИЗМЕНЕНИЕ ЗАГОТОВОК
ПРИ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ**

Учебное пособие

0,61 Мб

1 электрон. опт. диск

г. Магнитогорск, 2015 год
ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Адрес: 455000, Россия, Челябинская область, г. Магнитогорск,
пр. Ленина 38

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»
Кафедра машин и технологии обработки давлением
Центр электронных образовательных ресурсов и
дистанционных образовательных технологий
e-mail: ceor_dot@mail.ru