

Лабораторная работа

ТОЧЕЧНАЯ КОНТАКТНАЯ СВАРКА

Цель работы:

Ознакомление с технологией точечной сварки, оценка качества и настройка точечной сварочной машины ZP-16.

Введение

Сущность процесса точечной сварки

При точечной сварке детали 1 (Рис. 1) силой сжимаются между электродами 2 точечной сварочной машины. После включения трансформатора 3 центральная часть металла, зажата между электродами, быстро нагревается до расплавления мощным и кратковременным импульсом сварочного тока.

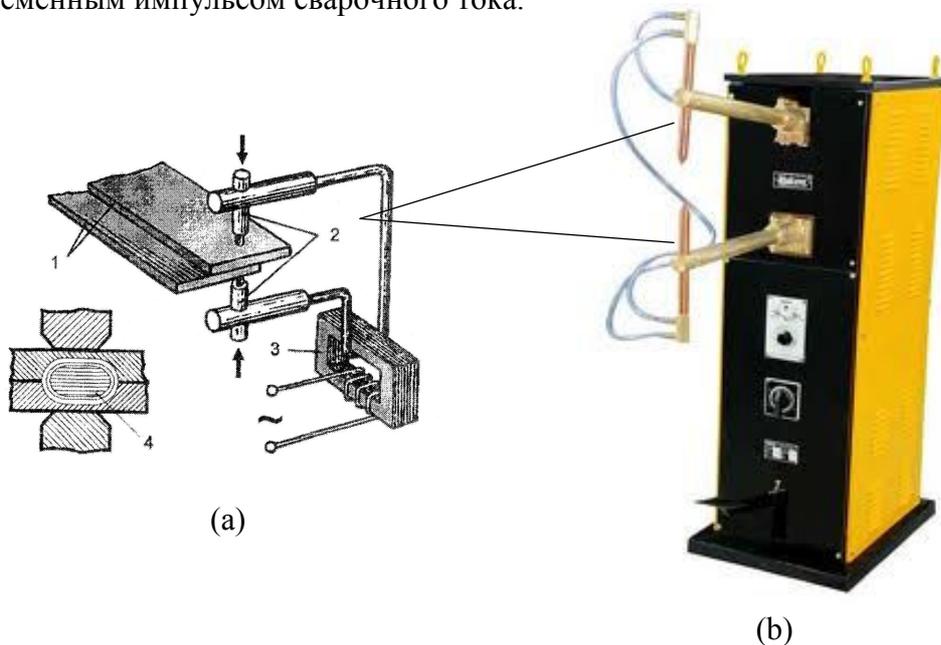


Рис. 1. Схема (а) и машина (b) точечной контактной сварки.

Затем выключают ток и освобождают соединение от силы P (усилие на электродах, схема цикла на рис. 2.).

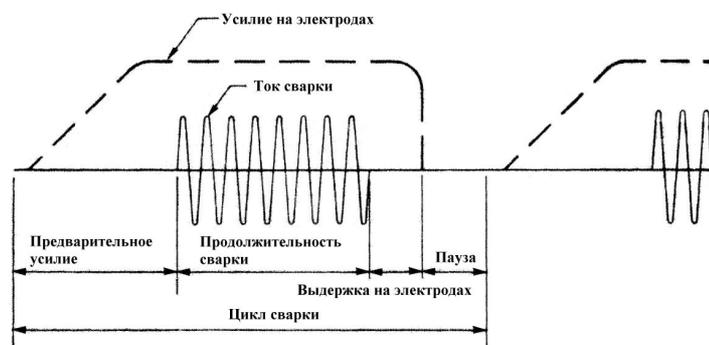


Рис. 2. Циклограмма точечной контактной сварки.

При увеличении величины сварочного тока и продолжительности сварки происходит постепенный рост величины ядра сварочной точки до критического значения, после чего жидкий металл выплескивается (брызги) между деталями.

После выключения тока необходимо провести выдержку сварного соединения под давлением (выдержка на электродах) до затвердевания ядра сварной точки, во избежание появления пор и трещин вследствие усадки металла и смещения деталей относительно друг друга.

При остывании образуется сварная точка с литым ядром (Рис. 1 поз. 4 и Рис. 3). Нагрев сопровождается пластической деформацией металла и вокруг ядра образуется уплотняющий поясok диаметром D_c , предохраняющий жидкий металл от выплеска и окислирования. Поэтому специальной защиты зоны сварки, например инертными газами, не требуется. Металл должен быть очищен от масла, ржавчины и воды до проведения сварки.

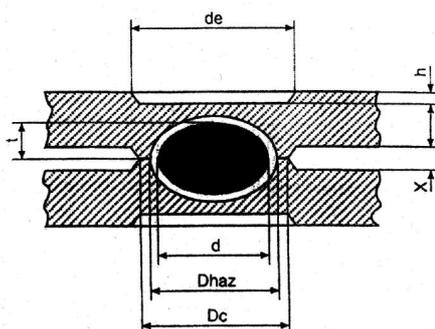


Рис. 3. Точечный шов: d_e - диаметр электрода; d - диаметр сварной точки; D_c - пояс пластической деформации; D_{HAZ} - зона термического влияния+сварная точка; h - глубина сварочного следа; t - толщина половины сварной точки.

Энергия Q , выделяющаяся в зоне сварки в виде тепла, определяется по формуле:

$$Q = I_k^2 \cdot R \cdot t_k,$$

где I_k - сварочный ток, А;

R - общее сопротивление зоны сварки, Ом;

t_k - длительность нагревания или сварки, с.

Цикл сварки начинается с установки деталей между электродами сварочной машины, постепенного нагружения соединения посредством сжатия электродов до необходимой величины (предварительное усилие), после чего включается сварочный ток (сварка). Последовательность включения и выключения сварочного тока и давления составляет цикл сварки, графическое изображение которого называется циклограммой. Простейшая циклограмма приведена на рис. 2.

Продолжительность предварительного усилия определяют опытным путем, причем слишком короткое предварительное усилие может вызвать возникновение брызг между электродами и деталями. В данной работе предпочтительно выбрать продолжительность предварительного усилия в 8-10 периодов. Сварочный ток увеличивается линейно до заданной величины, величина наклона (slope) кривой нагружения на циклограмме сварки, необходимо для разогрева материала перед сваркой и в случае тонких листов составляет 1-2 периода.

Далее соединение выдерживается под давлением электродов до полного затвердевания сварной точки, с последующей выдержкой на электродах в течение 10-50 периодов (в данной работе рекомендуемое значение 20 периодов).

В сварочной практике измеряется время сварки числом периодов переменного тока. 1 период времени равняется 0,02 секунды.

Машина точечной сварки марки ZP-16

Машина переменного тока с пневмомеханическим приводом рычажного типа. Усилие на сварочные электроды передается с пневмоцилиндра с помощью рычажного механизма. Усилие зависит от длины тяги рычага и давления воздуха в пневмосистеме. Для данной машины длина плеча рычага составляет 250 мм, максимальное усилие при давлении 5 бар (500 Па) составляет 2,2 кН. Давление воздуха регулируется по показанию манометра на передней панели машины с помощью вентиля. Мощность машины 16 кВА.

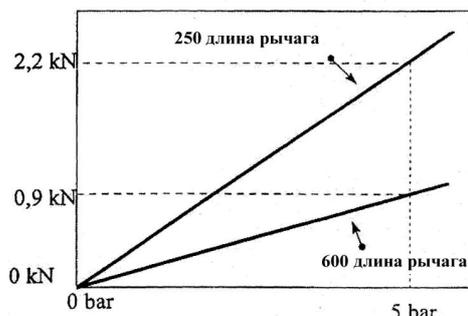


Рис. 4. Зависимость усилия на электроде от давления в пневмосистеме.

Номинальный ток сварки машины **10,2 кА**.

Величину сварочного тока программируют на панели управления в % от номинального тока. Напряжение вторичной цепи $U_2 = 2,4 - 2,7$ В.

Параметры точечной сварки

Основными технологическими параметрами точечной контактной сварки являются и могут быть посчитаны по формулам для низкоуглеродистой стали толщиной 1-3 мм:

- ток сварки

$$I_k = 6500 \cdot t_m, \text{ (A)},$$

где t_m — толщина свариваемого металла, мм;

- диаметр конца электрода d_e (не превышает 12 мм)

$$d_e = (1,5 \dots 2) \cdot t_m + 3, \text{ (мм)}.$$

- в случае «жесткого режима» продолжительность включения тока находят как

$$t_k = (0,2 \dots 0,4) \cdot t_m, \text{ (с)}.$$

- диаметр сварной точки

$$d = 5 \sqrt{t_m}, \text{ (мм)}.$$

Конструктором задается диаметр сварной точки. На практике качество точечного соединения оценивается с помощью измерения диаметра сварной точки. На современных программируемых машинах задаются дополнительные параметры, связанные со скоростью подъема или спуска сварочного тока, усилия на электроды и т.д. (см. карту настройки). Эти дополнительные параметры приводятся в паспорте машины. Основные параметры сварки следует выбрать по толщине стального листа из таблицы 1. Для сопоставления следует провести расчет параметров сварки по вышеприведенной методике.

Параметры сварки низкоуглеродистой стали

Толщина листа, мм	Диаметр конца электрода d_e , мм	Диаметр электрода D_{el} , мм	Продолжительность сварки t_k , периодов	Усилие на электродах P , кН	Ток сварки I_k , А	Диаметр сварной точки d , мм
1	6,5	13	31	0,68	5600	5,3
1,5	6,5	13	40	1,13	6800	6,4
2	8	16	48	1,47	7900	7,1
2,5	8	16	55	1,77	8800	7,9
3	10	16	65	2,59	10000	9,4

Примечание: Для назначения параметров сварки можно использовать таблицы, приведенные в паспорте сварочной машины.

Усилие на электродах определяют из графика усилие на электроде-давление в пневмоцилиндре (см. Рис. 4).

Последовательность программирования машины ZP-16

Последовательность введения программы приведена в таблице 2. С помощью кнопки со стрелкой отмечают позицию «Prog Nr» и вводят на панель номер программы. Далее активизируется позиция «Mode», где для сварки единичной точки вводят EP. Далее вводят время предварительного сжатия подъема тока, сварки в периодах (один период равняется 0,02 сек.). Ток сварки указывается в % от номинального тока (10,2 кА), напряжение холостого хода трансформатора $U_2 = 2,4-2,7$ (В). Пульт управления программирует преподаватель или учебный мастер.

Контроль качества точечного соединения

Испытание соединения на сдвиг

Определяется на разрывной машине предел прочности и измеряется штангенциркулем диаметр сварной точки. Диаметр точки сравнивается с данными в приложении.

Прочность на срез шва определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{4F}{\pi \cdot d^2}, \text{ (МПа)}$$

где F – усилие разрушения, Н;
 d – диаметр сварной точки, мм.

Визуальный контроль

Определить отклонения или дефекты и причины их образования. Схемы дефектов приведены на рис. 5

1) Причиной малого диаметра сварной точки или малой прочности может быть (Рис. 5 А):

- а) короткое время сварки (подключения тока),
- б) чрезмерное давление на электроды,
- в) слишком низкий ток сварки.

2) Наличие выплесков (брызг) между деталями (Рис. 5 В):

- а) время предварительного сжатия электродов короткое,
- б) чрезмерное время сварки,
- в) чрезмерный ток сварки,
- г) малое давление на электроды,
- д) грязные поверхности деталей,
- е) малый диаметр электродов.

- 3) Поверхностные брызги (выплески):
- а) время предварительного сжатия короткое,
 - б) слишком большой диаметр электродов,
 - в) слишком низкое давление на электроды,
 - г) грязные поверхности деталей.
- 4) Глубокие вмятины (более 10% от толщины листа):
- а) чрезмерно большой ток сварки,
 - б) чрезмерное давление на электроды,
 - в) чрезмерное время сварки,
 - г) малый диаметр конца электрода.

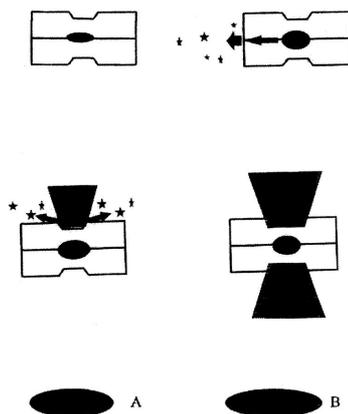


Рис. 5. Сварочные дефекты

Ход работы

1. Определить толщину деталей (t_m) и занести в таблицу 3.
2. Определить диаметр электродов (D_{el}) и конца электрода (d_e) из таблицы 1. Измерить диаметры электродов, закрепленных в сварочной машине. Сопоставить результаты измерения рекомендуемой величины. Занести диаметры электрода в таблицу 3.
3. Определить усилие на электроды (P) и давление в пневмосистеме.
4. Определить ток сварки (I_k) и плотность тока (j_k). Плотность тока определяется как соотношение тока сварки к площади контактной поверхности электрода. При сварке низкоуглеродистой стали на «мягких режимах» плотность тока составляет $j_k = 80-160 \text{ А/мм}^2$, время $t_k = 2-3 \text{ с}$, а на «жестких режимах» $j_k = 160-400 \text{ А/мм}^2$, время $t_k = 0,2 - 1,5 \text{ с}$.
5. Определить время сварки (t_k) (1 период = 0,02 с).
6. Программировать пульт управления.
7. Испытать соединение на разрыв. Определить предел прочности на срез (σ).
8. Визуальный контроль соединения и поверхности излома.

Результаты занести в таблицу 3.

Отчет по работе

1. Титульный лист.
2. Данные в виде таблицы (Табл. 3).
3. Выводы. Оценка качества соединения.

Таблица 2. Последовательность программирования машины точечной сварки

Символ пульта управления	Параметр	Содержание параметра	Пределы программирования	Замечания	Рекомендуемые величины
Prg. Nr.		Номер программы	1-9		1
Mode		Одна точка (EP) или несколько точек (SP)	EP SP		EP
	Время предварительного сжатия	Время от момента приложения усилия до включения тока сварки	0-99 периода	Слишком короткое искрение на электродах	7 – 8 периодов
	Время роста тока сварки	Подогрев материала	0-20 периода	Величина задается от времени сварки	2 периода
	Время сварки	Время подключения тока сварки, образование точки	0-99 периода	Продолжительность 1 импульса тока	Выбирают из таблицы
	Ток сварки	Величина тока сварки в % от номинального	10-99%	Образуется сварная точка	Выбирают из таблицы
	Количество импульсов тока	Используется при многоимпульсной сварке	0-9 периода	Многоимпульсная сварка при толщине более 5 мм	Не применяется Вводится 1
	Период между импульсами тока	Используется при многоимпульсной сварке	0-99 периода	Для толстого металла	Не применяется Вводится 0
	Выдержка под давлением	Время давления на электроды после выключения тока	0-99 периода	Точка затвердевает и охлаждается	Вводится 20 периодов
	Количество сварных точек	При сварке нескольких точек	1 - 99	Применяется в режиме „SP”	Вводится 1

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Materjalitehnika instituut Metallide tehnoloogia õppetool

Laboratoorne töö			
(aines)			
Töö nimetus PUNKTKONTAKTKEEVITUS			Töö nr:
Üliõpilane: Üliõpilaskood:			Rühm:
Juhendaja:	Töö tehtud:	Töö esitatud:	Arvestatud:

Выводы. Оценка качества соединения

Таблица 3. Исходные данные, параметры точечной сварки и свойства соединения

Параметр	Заданное значение	Рекомендуемое значение	Примечание
Толщина листа t_m , мм			
Диаметр конца электрода d_e , мм			
Диаметр электрода D_{el} , мм.			
Усилие на электродах P , кН			
Значение силы тока I_k , и % от номинального			
Плотность тока j_k , А/мм ²			
Время сварки t_k , в секундах и периодах			
Время выдержки на электродах, в периодах			
Диаметр сварной точки d , мм			
Усилие на разрыв F , Н			
Прочность соединения на срез σ , МПа			
Выделяющееся количество тепла Q , Дж			
Глубина сварочного следа h , мм			
Дефекты соединения			