

Памятка

Уважаемые студенты, вам необходимо прочитать данную лекцию, законспектировать и ответить на контрольные вопросы письменно в рабочей тетради. Выполненную работу - прислать фото отчет на электронную почту преподавателя, (с 12.01.2023 по 13.01.2023). В дальнейшем по окончании семестра принести для проверки.

С уважением **Андрощук Ольга Владимировна**, если какие вопросы по заданию, обращаться по номеру тел. +380721273299 или по электронной почте e-mail: Olga8122@yandex.ru

ЛЕКЦИЯ

Тема: Автоматизация контактной сварки. Основные устройства автоматического управления процессом точечной и шовной сварки

Цель: Рассмотреть и изучить автоматизацию контактной сварки

План

1. Основные параметры сварки
2. Группы систем управления
3. Регуляторы сварочного тока
4. Метод математического моделирования
5. Общая характеристика средств механизации и автоматизации при контактной сварке

1. Основные параметры сварки

При контактной сварке основная задача автоматизации сварочного процесса заключается в регулировании параметров режима сварки с целью их стабилизации или изменения по заданному закону.

Основные параметры контактной сварки:

- электрические параметры (сварочный ток, напряжение, мощность);
- усилие сжатия электродов или свариваемых деталей (при стыковой сварке);
- время сварки;
- скорость сварки (при роликовой сварке)
скорость и осадки (при стыковой сварке)

2. Группы систем управления

Группы систем управления по принципу действия:

- 1) системы жесткого управления;
- 2) жесткого управления с автоматической компенсацией возмущений или с корректирующими связями;
- 3) системы автоматического регулирования (по отклонению регулируемой величины), в том числе следящие системы;
- 4) комбинированные системы жесткого управления с автоматической компенсацией и регулированием.

3. Регуляторы сварочного тока

Регуляторы сварочного тока входят в замкнутую систему автоматического регулирования с отрицательной обратной связью по регулируемой величине, т. е. по сварочному току. Они поддерживают требуемое значение сварочного тока с определенной точностью независимо от причин, вызвавших изменение тока.

Регуляторы энергии позволяют стабилизировать сварочный ток и устранять влияние на него колебаний напряжения сети и изменения сопротивления сварочного контура.

Регуляторы падения напряжения между электродами поддерживают постоянным падение напряжения между электродами (при неизменном электрическом сопротивлении и толщине свариваемого металла) и обеспечивают постоянство энергии, выделяемой в свариваемых деталях.

Программное регулирование процесса точечной сварки по величине перемещения электродов. Метод регулирования основан на двух положениях: прочность сварной точки в основном определяется наличием в ней литого ядра и его размерами; коэффициент линейного расширения жидкого металла ядра значительно выше коэффициента расширения того же металла в твердой фазе.

Регуляторы скорости оплавления (при стыковой сварке). Регуляторы автоматически корректируют скорость подачи (сближения)

деталей в зависимости от тока в сварочной цепи: чем больше ток, тем должна быть меньше скорость подачи, иначе произойдет короткое замыкание.

Регуляторы напряжения (при стыковой сварке) повышают тепловой к.п.д. машины до максимально возможного значения. Наибольший эффект дают регуляторы напряжения, обладающие минимальной инерционностью.

Самонастраивающиеся системы управления автоматически изменяют программу работы машины – перенастраиваются в зависимости от действующих возмущений и таким образом восстанавливает оптимальный режим работы для изменившихся условий эксплуатации.

4. Метод математического моделирования.

Объект управления заменяется математической моделью, отражающей те особенности процесса, которые существенны для управления им, несущественные с доказанной несущественностью при заданных кондициях процесса отбрасываются.

5. Общая характеристика средств механизации и автоматизации при контактной сварке

Большая часть времени при изготовлении сварных конструкций (до 70...80 %) затрачивается на вспомогательные операции. Сама операция сварки (получение соединения) практически полностью автоматизирована, а степень механизации вспомогательных операций не превышает в ряде случаев 10 %.

Уровень механизации и автоматизация производства предприятия определяются системой организации производства. В опытном и мелкосерийном производстве используют несложные сборочные приспособления, различные немеханизированные поддерживающие устройства.

Для массового производства характерно применение специализированных машин, механизированных приспособлений, машин – автоматов и промышленных роботов.

Сварочные машины, средства механизации и автоматизации располагают по ходу технологического процесса и организуют в механизированные поточные или автоматические линии.

Наивысшая степень автоматизации достигается на машинах, где все операции, в том числе заготовительные и контрольные, выполняются без участия человека.



Рисунок 1– Машина контактной сварки

Специфика контактной сварки определяет следующие особенности конструирования средств механизации и автоматизации.

1. Детали устройств и приспособлений, вводимых в сварочный контур машины, рекомендуется изготавливать из немагнитных материалов – алюминиевых сплавов, немагнитных сталей и т.п.

2. Токоведущие элементы машины должны быть изолированы от приспособления во избежание шунтирования тока и повреждения (прожога) поверхности детали.

3. Узлы, предназначенные для точечной и шовной сварки, необходимо демпфировать для компенсации износа электродов и прогиба консолей, например, устанавливать на плавающие опоры, что дает возможность всегда располагать узел на нижнем электроде независимо от его длины (износа рабочей поверхности).

4. Вид приспособлений – переносные или стационарные, определяется размерами и массой изделий.

5. Приспособления не должны затруднять свободный доступ к месту сварки.

6. Приспособления для стыковой сварки должны обладать достаточной жесткостью, обеспечивая тем самым соосность деталей при осадке.



Рисунок 2 – Приспособление для стыковой сварки

В конструкции приспособлений рекомендуется использовать унифицированные узлы: редукторы, шаговые механизмы, сварочные головки, элементы пневмоэлектрической аппаратуры и т.п.

Тема: Основные устройства автоматического управления процессом точечной и шовной сварки

Цель: Рассмотреть и изучить основные устройства автоматического управления процессом точечной и шовной сварки

При точечной и роликовой сварке могут быть различные возмущения процесса, изменяющие условия формирования литой зоны соединений и ее номинальные размеры. Перемещение ΔS подвижной головки машины, имеющее наиболее тесную связь с размерами литой зоны, может быть использовано не только для контроля, но и для автоматического регулирования процессов точечной и роликовой сварки.

Обобщенная структурная схема системы автоматического регулирования по величине ΔS приведена на Рисунок 1. При наличии возмущений, связанных непосредственно со сварочной машиной ($u_c, z_k, R_{эл}, F_{св}$) и с зоной сварки (шунтирование) изменяется параметр регулирования – перемещение ΔS , измеряемое соответствующим датчиком Д. Электрический сигнал датчика, пропорциональный ΔS , сравнивается с сигналом задающего устройства ЗУ и их разность поступает на преобразователь П, который обеспечивает необходимое соответствие между выходным напряжением и изменением регулирующего параметра блока управления БУ сварочной машиной (прерыватель или СПУ). В качестве регулирующего параметра используют величину сварочного тока $I_{св}$ и длительность его протекания $t_{св}$.

При точечной сварке с F_k необходимо также одновременно с воздействием на $t_{св}$ автоматически изменять момент t_k приложения F_k .

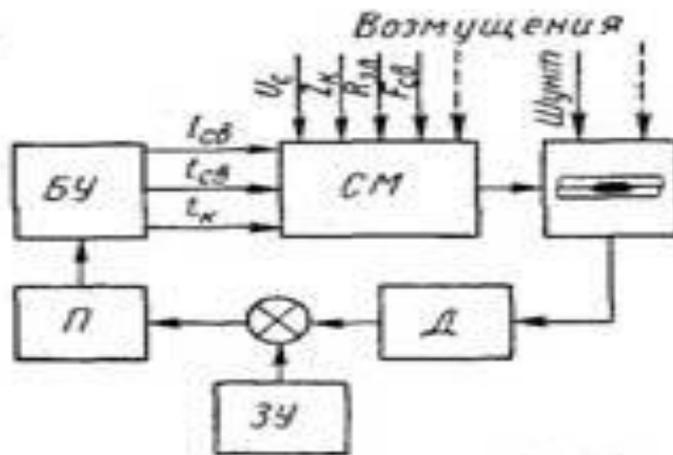


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема автоматического регулирования процесса сварки по ΔS : СМ – сварочная машина; БУ – блок управления; П – преобразователь; ЗУ – задающее устройство; Д – датчик

Автоматические регуляторы, воздействующие с целью получения стабильных размеров литой зоны на $I_{св}$, разработаны для точечной и роликовой сварки сталей. Величину ΔS измеряют индуктивным датчиком. На Рисунок 2 показан принцип регулирования $i_{св}$ в зависимости от величины и знака рассогласования между заданной программой изменения перемещения u_z и фактической величиной ΔS , которой пропорционально напряжение датчика $u_d = \Delta S$. При уменьшении $u_d = \Delta S$ сварочный ток увеличивается, а при повышении – снижается. При достижении фактической величины перемещения ΔS заданного уровня при времени $t_{св}$ ток выключается и процесс сварки прекращается. Однако рассмотренная система автоматического регулирования является достаточно сложной и относительно малоустойчивой при больших возмущающих воздействиях.

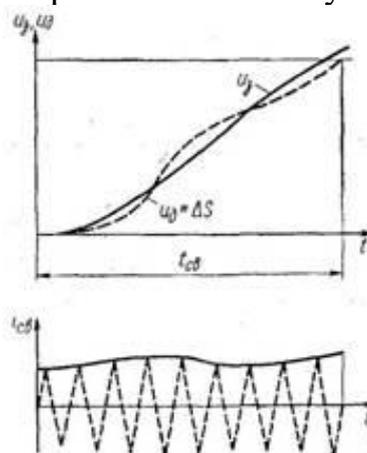


Рисунок 2 – Регулирование ΔS по заданной программе изменением $i_{св}$

Более простым является регулятор, выключающий $i_{св}$ по достижении ΔS заданного значения, соответствующего номинальным размерам литой зоны. Для этой цели могут быть использованы приборы контроля ΔS , указанные выше, в режиме работы «Автоматическое выключение тока» (АВТ). Сварочный ток выключается при замыкании нормально открытого контакта электроконтактного датчика. При работе с регулятором $t_{св}$ устанавливается в 1,5...2 раза больше (в зависимости от ожидаемых максимальных возмущений процесса), чем $t_{св}$ номинального режима сварки.

В отдельных случаях выключать $i_{св}$ целесообразно и в момент выплеска, так как дальнейшее протекание $i_{св}$ ухудшает качество соединений, например при роликовой сварке легких сплавов. В табл. 1 приведены данные о работе такого регулятора при точечной сварке стали X18H9T толщиной 1,5+1,5 мм. Однако, если для сварки использовать неизменный $i_{св}$, то при большой величине возмущений, вызывающих уменьшение d , например – 20% $I_{св}$ или +40% $F_{св}$ (см. таблицу 1) регулятору приходится значительно увеличивать $t_{св}$. При этом из – за существенного изменения жесткости режима может ухудшаться связь ΔS с d и A и размеры получаемых литых зон точек будут отличаться от номинальных. Чтобы исключить это, для сварки используют непрерывно нарастающий (модулированный) ток однофазных машин, машин постоянного тока или ток низкочастотных машин при $t_{св} < 3\tau$ (τ – постоянная времени машины). В этом случае увеличение $t_{св}$ в процессе регулирования приводит также к возрастанию $I_{св}$, а следовательно, к более интенсивному выделению энергии в зоне сварки по сравнению с током неизменного значения. В рассмотренном выше примере при использовании модулированного тока (коэффициент модуляции 2,5 при $t = 0,3$ сек) возмущение – 20% $I_{св}$ компенсируется увеличением $t_{св} = 0,26$ сек, вместо 0,32 сек при $I_{св} \approx const$. Кроме того, применение нарастающего $i_{св}$ позволяет избежать выплесков при возмущениях, вызывающих увеличение литой зоны (уменьшение $F_{св}$, повышение $I_{св}$). При использовании $I_{св} = const$ вероятность выплесков в таких случаях значительно больше.

Таблица 1.

Работа регулятора ΔS при точечной сварке стали X18H9T толщиной 1,5+1,5 мм (машина МТПУ – 300; $\Delta S = 0,18$ мм)

Тип возмущения	Регулятор (АВТ)	$t_{э}$, сек	$t_{св}$, сек	$I_{св.д}$, кА	$F_{св}$, кгс	$d_{эл}$, мм	ΔS , мм	d , мм
----------------	-----------------	---------------	----------------	-----------------	----------------	---------------	-----------------	----------

Номинальный режим	Выключен	0,18	0,18	9,2	700	7	0,186	6,1
	Включен	0,36	0,18	9,2	700	7	0,184	6,0
$+I_{св}$	Выключен	0,18	0,18	10,6	700	7	0,22	6,7
	Включен	0,36	0,14	10,4	700	7	0,188	6,0
$-I_{св}$	Выключен	0,18	0,18	6,6	700	7	0,127	3,9
	Включен	0,36	0,32	7,6	700	7	0,184	5,9
$-F_{св}$	Выключен	0,18	0,18	9,2	500	7	0,22	6,1*
	Включен	0,36	0,13	8,7	500	7	0,215	6,0
$+F_{св}$	Выключен	0,18	0,18	9,6	1100	7	0,122	5,4
	Включен	0,36	0,28	9,7	1100	7	0,18	6,7
Шунтирование	Выключен	0,18	0,18	9,4	700	7	0,145	5,0
	Включен	0,36	0,23	9,5	700	7	0,194	6,0
$+d_{эл} 30\%$	Выключен	0,18	0,18	9,3	700	9	0,168	5,2
	Включен	0,36	0,22	9,4	700	9	0,2	5,7

* выплеск

При точечной сварке алюминиевых сплавов на низкочастотных машинах используются токи длительностью включения $t_{св} < 3\tau$, следовательно, при изменении $t_{св}$ изменяется $I_{св.м}$. Это позволяет эффективно применять автоматическое регулирование процесса по величине ΔS с выключением $i_{св}$ по достижении заданного перемещения. На Рисунок 3 приведены кривые ΔS процесса точечной сварки сплава АМг6 толщиной 2+2 мм при различных напряжений $u_{х.х}$ сварочного трансформатора (различных ступенях). При изменении $u_{х.х}$ регулировкой $t_{св}$ добивались получения сварных точек с литым ядром примерно одинаковых размеров. Величина ΔS при этом составила в среднем 0,215 мм, несколько повышаясь при уменьшении и понижаясь при увеличении $t_{св}$.

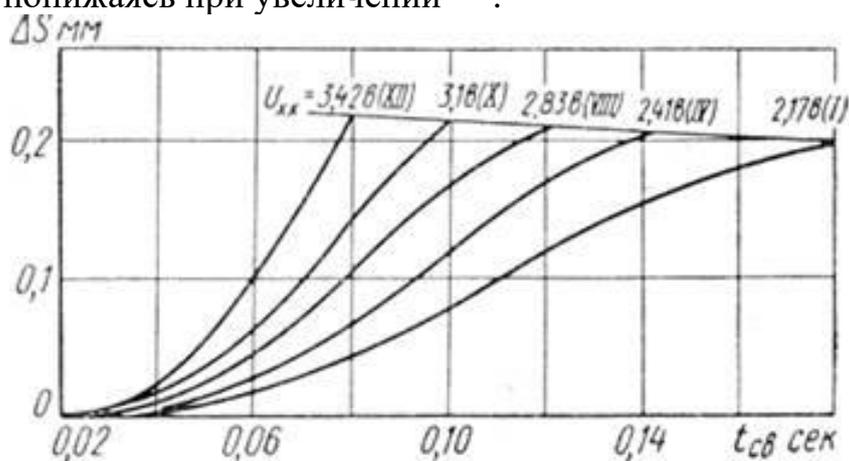


Рисунок 3 – ΔS при точечной сварке сплава АМг6, 2+2 мм на различных ступенях $u_{х.х}$ машины

Из рассмотрения рисунка 3 видно, что даже значительное снижение амплитуды тока (20...25% от номинала при $t_{св} = 0,1$ сек) удается компенсировать увеличением $t_{св}$. Результаты испытаний регулятора ΔS при сварке указанного выше металла, приведенные в таблице 2, показывают, что при использовании в качестве регулирующего параметра можно допустить отклонения параметров режима от номинального значения, превышающие, рекомендуемые отклонения при сварке по жесткой программе (без автоматического регулирования).

Таблица 2.

Работа регулятора ΔS при точечной сварке сплава АМг6 толщиной 2+2 мм (машина МТПТ – 600; $\Delta S_3 = 0,14$ мм)

Тип возмущения	Регулятор (АВТ)	t_3 , сек	$t_{св}$, сек	$I_{св.м}$, кА	$F_{св}$, кгс	ΔS , мм	d , мм
Номинальный режим	Выключен	0,12	0,12	50	1200	0,16	8,0
	Включен	0,20	6,12	50		0,15	7,8
$-I_{св}$	Выключен	0,12	0,12	41	1200	0,05	0
	Включен	0,20	0,16	46		0,142	8,0
$+I_{св}$	Выключен	0,12	0,12	55	1200	0,17	8,3
	Включен	0,20	0,10	52		0,14	7,9
$+F_{св}$	Выключен	0,12	0,12	53	2400	0,07	0
	Включен	0,20	0,16	38		0,146	8,2

Применение регулятора ΔS при точечной сварке высокопрочных алюминиевых сплавов (Д16, АМг6) требует одновременно с регулированием $t_{св}$ изменять момент приложения F_k . На Рисунок4, а показана циклограмма точечной сварки с автоматическим регулированием ΔS . Аппаратурой управления сварочной машины (СПУ) устанавливается длительность тока $t_{св.у} \gg t_{св}$. Когда перемещение достигает заданного уровня $\Delta S_{ном}$, регулятор вырабатывает два сигнала, один из которых выключает $i_{св}$ при длительности $t_{св}$ и амплитуде $I_{св.м}$, а другой включает электропневматический клапан F_k . Время $t_{зк}$ запаздывания F_k складывается из постоянных времени клапана и механической системы привода усилия. Для того чтобы обеспечить, малое $t_{зк}$, применяют быстродействующий электропневматический клапан КПЭ – 4 и выхлопной клапан КПВМ – 15/25, имеющие постоянную времени не более 0,015 сек. При воздействии возмущений, снижающих ΔS (и размеры литой зоны), $\Delta S_{ном}$ достигается при длительности тока $t'_{св}$ и $I'_{св.м}$. Момент приложения F_k автоматически сдвигается вслед за выключением $i_{св}$. При необходимости большего $t_{зк}$ в схему аппаратуры вводится дополнительная

регулируемая временная задержка. Если при регулировании увеличением $t_{св}$ не удастся получить $\Delta S_{ном}$, то предел ΔS_{min} всегда достигается, что обеспечивает d_{min} и A_{min} сварных соединений. Удовлетворительные результаты работы регулятора подобного типа были получены при точечной сварке алюминиевых сплавов Д16АТ, АМг3П, АМг6 и др.

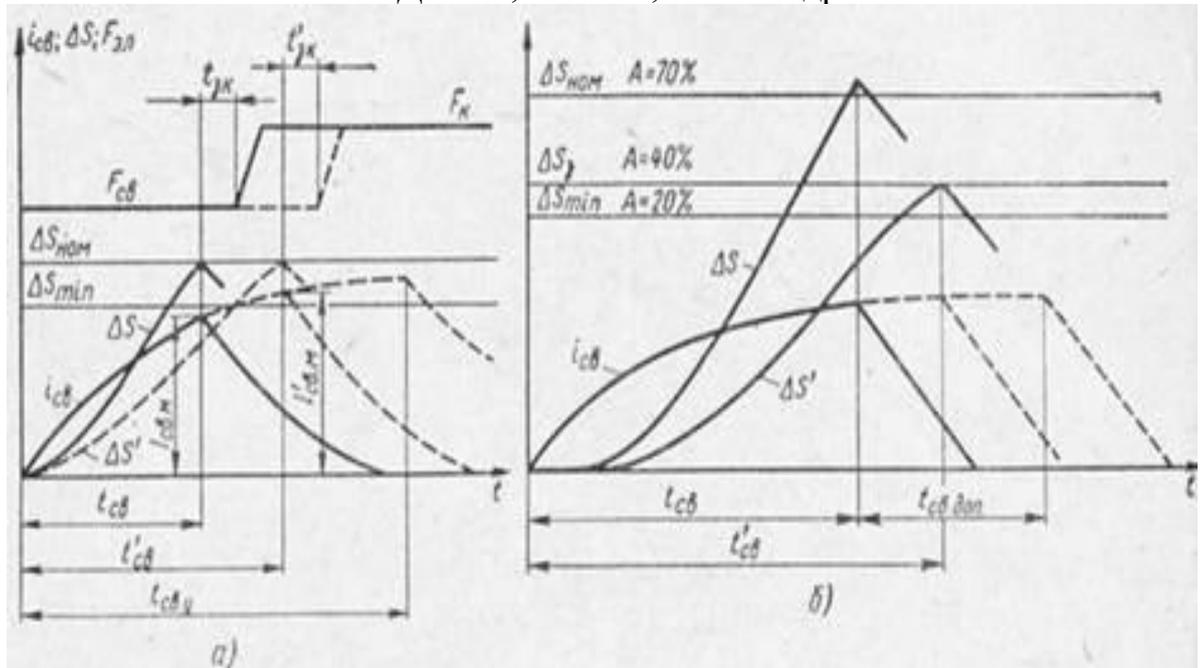


Рисунок 4 – Циклограммы автоматического регулирования ΔS :
 а – при точечной сварке;
 б – при роликовой сварке

При роликовой сварке алюминиевых сплавов использование автоматического регулирования ΔS имеет свои особенности. Как известно, роликовая сварка алюминиевых сплавов выполняется на относительно мягких режимах $t_{св} = (0,06 \dots 0,08)\delta$ сек. В этом случае при больших возмущениях процесса, направленных на уменьшение d и A , не удастся обеспечить $\Delta S_{ном}$ даже при значительном увеличении $t_{св}$. Это может приводить к нарушению стабильности формирования сварного шва, так как возникает своеобразный колебательный процесс, при котором нарушается соответствие между A и ΔS , а именно, ΔS не достигает своего номинального значения $\Delta S_{ном}$ несмотря на то, что A соответствует номинальному значению.

Причинами этого является: снижение прочности металла из – за применения относительно больших $t_{св}$, а следовательно, интенсивное вдавливание роликов; изменение формы литых зон шва в плоскости соединения из – за выплесков, шунтирования точек прихватки, нестабильности шага и других факторов. Эти причины нарушения связи ΔS с A еще в большей степени проявляются при роликовой сварке кольцевых

швов на деталях из высокопрочных алюминиевых сплавов толщиной 3...4 мм. Установлено, что при роликовой сварке расширение металла каждой последующей литой зоны происходит уже в условиях жесткой связи двух деталей за счет предыдущей литой зоны.

Поэтому одинаковому ΔS в роликовом шве соответствует литая зона несколько больших размеров, чем литое ядро одиночной сварной точки. В результате этого регулирование по $\Delta S_{\text{ном}}$ не всегда обеспечивает идентичность литых зон шва. Для герметичности роликовых швов принципиально достаточно обеспечить в процессе сварки некоторое ΔS_z , несколько большее $\Delta S_{\text{мин}}$. Однако, если вести регулирование по такому $\Delta S_z < \Delta S_{\text{ном}}$, то при отсутствии возмущений качество соединений будет понижаться, так как литые зоны будут иметь $A < A_{\text{ном}}$ (60 ... 70%).

В связи с этим целесообразно ввести определенные ограничения в процессе регулирования, а именно, выполнять его только в случае возмущений процесса, направленных на уменьшение размеров литой зоны, так как возмущения противоположного направления не так опасны, бывают значительно реже и легко могут быть обнаружены по увеличению тепловыделения в зоне сварки и как следствие – выплеску. Кроме того, регулирование ведется по ΔS_z несколько большему, чем $\Delta S_{\text{мин}}$, и только в тех случаях, когда за время $t_{\text{св}} \Delta S$ не достигло ΔS_z (см. рисунок 4, б). Если это имеет место, то регулятор «добавляет» еще некоторый интервал времени $t_{\text{св.доп}}$ и выключает $i_{\text{св}}$ по достижении $\Delta S' = \Delta S_z (A = 40\%)$ при времени $t'_{\text{св}}$. Испытания такой системы регулирования при роликовой сварке алюминиевых сплавов толщиной 3...4 мм показали достаточно хорошую стабильность процесса при наличии таких возмущений, как снижение $I_{\text{св.м}}$, повышение $F_{\text{св}}$, увеличение $R_{\text{эл}}$ и шунтирование около точек прихватки и перекрытия шва. Одновременно упрощается настройка датчика перемещения, которая ведется на один предел ΔS_z , а не на два предела $\Delta S_{\text{ном}}$ и $\Delta S_{\text{мин}}$.

Применение такого способа регулирования ΔS эффективно и при точечной сварке, когда при больших возмущениях процесса, требующих значительного увеличения $t_{\text{св}}$, при котором может нарушиться связь между ΔS и размерами литой зоны. Здесь же не надо существенно увеличивать $t_{\text{св}}$, так как необходимо обеспечить лишь минимально допустимые размеры литой зоны, а не номинальные, как в случае регулирования, рассмотренном на Рисунок 4, а. Использование этого принципа обеспечивает большую надежность процесса, благодаря невозможности уменьшения $t_{\text{св}}$, при ложных сигналах выполнения $\Delta S_{\text{ном}}$.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные устройства автоматического управления процессом точечной сварки?
2. Перечислите основные устройства автоматического управления процессом шовной сварки?
3. Дать письменное объяснение циклограммы автоматического регулирования ΔS .
4. Основные параметры при автоматизации контактной сварки?
5. Какие группы систем управления Вы знаете?
6. Приспособления при контактной сварке?