

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Прочтите приведенный ниже конспект лекции.
2. Напишите конспект лекции в тетрадь объемом не менее 5 страниц рукописного текста.
3. Ответьте письменно на контрольные вопросы.
4. Письменный отчет конспекта лекции и ответов на вопросы в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

Обратите внимание!!! В случае возникновения вопросов по теоретическому материалу лекции обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

ЛЕКЦИЯ

Тема: **Импульсно-дуговая сварка в защитных газах**

План

1. Область применения импульсно-дугового способа сварки
2. Принцип, виды и способы импульсно-дуговой сварки
3. Сварка вольфрамовым электродом
4. Сварка плавящимся электродом (ИДСП)
5. Способ сварки по узкому или щелевому зазору
6. Оборудование и режимы сварки

1. Область применения импульсно-дугового способа сварки

Импульсно-дуговой способ сварки разрабатывался как более универсальная и производительная альтернатива дуговому способу

Главный элемент данного процесса – так называемая дежурная дуга невысокой мощности, которая продолжает работать в остановках между повторяющимися импульсами и передаёт импульсный ток лишь частично.

Эта дуга практически не влияет на металл между импульсами, она отлично и устойчиво горит в пространстве. Второе состояние этой же дуги – импульсное, которое плавит металл в точках приложения.

Соотношение токов от дуги в разном состоянии – импульсном и дежурном должно быть правильным, что может ускорить сварку и повысить качество шва.

Возможности классической дуговой сварки в среде защитных газов сильно расширяются, если металл плавится под воздействием импульсной дуги.

Главная её особенность – специальный режим включения и выключения дуги, которая обусловлена программой в зависимости от природы металлов соединяемых заготовок, толщины их кромок и положения швов в пространстве.

Сфера использования

Изначально данный способ был придуман для сварки нержавеющей стали. Его первое применение – строительство в 1932 году американского поезда Pioneer Zephyr, где применение сваренной этим способом нержавеющей стали позволило сократить вес состава, а, значит, увеличить его скоростные параметры. Позже выяснилось, что импульсно-дуговая сварка может успешно применяться при соединении друг с другом как разных марок сталей, так и цветных металлов: алюминиевых, медных, никелевых сплавов и титана. Диапазон заготовок, который можно сваривать с помощью импульсного способа сварки – от 1 до 50 мм. Сейчас импульсно-дуговой способ широко применяется при монтаже трубопроводов разного назначения. Он обеспечивает качественный сварной шов практически без дефектов, хорошо сформированный обратный валик, не требующий зачистки, и достаточную прочность сварного соединения, что является приоритетным для данных видов конструкций.

Преимущества:

- исключение возможного брака в виде прожогов и несплавлений;
- отсутствие разбрызгивания металла во время сварочного процесса;
- экономичный расход сварочной проволоки и электродов;
- возможность сварки разных по составу металлов;
- благодаря малому числу возникающих дефектов, значительно упрощена обработка сварных швов.

Недостаток: данный способ неприменим для больших сварочных объёмов.

2. Принцип виды и способы импульсно-дуговой сварки

Принцип импульсной сварки

Импульсно-дуговая сварка происходит, согласно следующему алгоритму:

- на фоне базового тока импульсом высокой мощности происходит расплавление конца электрода и формирование на его конце капли нужного размера;
- далее сформированная капля отделяется и переносится на металлическую заготовку;
- сила тока падает до базового значения, позволяющего поддерживать дежурную дугу;
- происходит осаждение металла в сварочной ванне; далее следует повторение данного процесса.

Виды импульсной сварки

Классификация видов импульсно-дуговой сварки основана на разнице

способов преобразования тока для создания импульса. Всего их выделяют четыре:

- магнитно-импульсный,
- аккумуляторный,
- инерционный
- конденсаторный.

Магнитно-импульсный вид

Суть данного вида сварки – соединение металлических деталей путем их соударения с использованием в процессе импульсного электромагнитного поля.

В процессе сварки одна деталь остаётся неподвижной, а вторая приводится в движение электромагнитным полем, генерируемым сварочной установкой. В момент их сближения образуется дуга, которая сваривает заготовки. Магнитно-импульсная сварка актуальна в машиностроении для соединения трубчатых деталей между собой и с другими деталями. Также ее применяют для сварки плоских деталей по их наружному и внутреннему контуру. Магнитно-импульсная сварка может применяться для соединения деталей с диапазоном толщин заготовок 0,5-2,5 мм. Этот вид сварки не получил широкого распространения из-за сложности технологически-настроечного процесса и быстрого износа сварочного оборудования.

Аккумуляторный вид

В сварочных аппаратах, предназначенных для этого вида сварки, необходимая сила тока для импульса генерируется с помощью щелочных аккумуляторов. Их отличительная конструкционная особенность – низкое значение внутреннего сопротивления, что позволяет выдать ток короткого замыкания, который по силе во много раз превосходит ток стандартной разрядки. Подобный вид сварки на данный момент находится в стадии разработки и широко не применяется.

Инерционный вид

В инерционном виде сварки применяется накопленная энергия вращающегося маховика, который приводится в движение общим валом роторного силового генератора.

Конденсаторный вид

При конденсаторной сварке импульс, необходимый для сварного процесса, обеспечивается энергией короткого импульса тока при разряде конденсатора. Этот вид сварки имеет ограничения по максимальному сечению свариваемых заготовок. Область его применения – соединение листового металла с крепежными элементами различной конструкции (шпильками, втулками, гвоздями и т. д.). Также он успешно используется в производстве электронных компонентов и приборостроении, где необходимо сваривать между собой мелкие

детали и металлы малых толщин.

Существующие **два способа** импульсной сварки определяются выбором и использованием электродов:

- с применением электродов неплавящегося вида;
- с применением плавящихся электродов с устранением недостатка процесса в виде разбрызгивания капель расплавленного металла.

При сварке неплавящимся электродом импульсная дуга предназначена для регулирования процесса проплавления основного металла и формирования шва, при сварке плавящимся электродом — для регулирования процесса расплавления и переноса электродного металла.

3. Сварка вольфрамовым электродом

В этом процессе дуга пульсирует с постоянным заданным соотношением импульса и паузы (рисунок 1). Сплошной шов получают путём расплавления отдельных точек с определённым перекрытием.

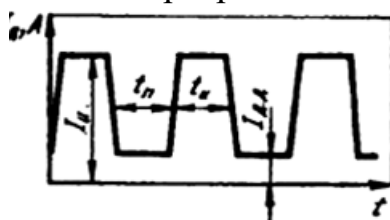


Рисунок 1 - Изменение сварочного тока при импульсной сварке вольфрамовым электродом

Регулярность повторных возбуждений в начале каждого импульса, а также пространственная устойчивость дуги обеспечиваются благодаря горению в промежутках между импульсами маломощной дежурной дуги (ток порядка 10—15% от тока в импульсе). Дежурная дуга во время паузы не оказывает существенного влияния на глубину проплавления. За счёт правильного подбора соотношения токов импульсной и дежурной дуг можно полностью устранить кратеры в точках и, таким образом, уменьшить перекрытие точек и повысить скорость сварки.

Важнейший момент — правильное выставление режима импульсной и дежурной дуги.

Основными параметрами импульсно-дугового процесса сварки являются длительности импульса $t_{и}$ и паузы $t_{п}$, длительность цикла сварки $T_{ц}=t_{и}+t_{п}$ и шаг точек $s = v_{св}(t_{и} + t_{п})$.



Рисунок 2 - Изменение сварочного тока при импульсной сварке на постоянном токе

Безразмерная величина $G = t_{п}/t_{и}$ является одним из технологических параметров, характеризующих проплавляющую способность периодически горящей дуги при заданных энергии импульса и длительности цикла. Эта величина называется **жесткостью режима**.

Жесткость режима является технологической особенностью данного метода. Все дело в длительности импульса. Если его поменять, изменятся все параметры сварки.

Крайними значениями жесткости режима можно характеризовать способ дуговой сварки. Так, для обычной сварки непрерывно горящей дугой жесткость $G=0$, а для дуговой точечной сварки $G=\infty$. Варьируя параметрами импульсного процесса, можно эффективно воздействовать на форму и размеры сварочной ванны, кристаллизацию металла, а также на формирование шва, временные и остаточные деформации и другие показатели процесса сварки.

В отношении проплавляющей способности импульсная дуга наиболее эффективна при сварке тонколистовых материалов толщиной 2-3 мм и меньше. Благодаря более эффективному использованию поверхностного натяжения металла при импульсно-дуговой сварке улучшаются условия формирования шва в различных пространственных положениях. Это обусловило широкое применение импульсной дуги при сварке вертикальных, горизонтальных и потолочных швов на металлах широкого диапазона толщин и при автоматической сварке неповоротных стыков труб.

4. Сварка плавящимся электродом (ИДСП)

Наибольшее распространение получила для сварки алюминиевых сплавов толщиной ≥ 15 мм и специальных сталей толщиной > 1 мм.

Для улучшения технологических свойств дуги применяют периодическое изменение ее мгновенной мощности — импульсно-дуговая сварка (рисунок 3). Теплота, выделяемая основной дугой, недостаточна для плавления электродной

проволоки со скоростью, равной скорости ее подачи. Вследствие этого длина дугового промежутка уменьшается. Под действием импульса тока происходит ускоренное расплавление электрода, обеспечивающее формирование капли на его конце. Резкое увеличение электродинамических сил сужает шейку капли и сбрасывает ее в направлении сварочной ванны в любом пространственном положении.

Можно использовать одиночные импульсы (рисунок 3) или группу импульсов с одинаковыми и различными параметрами. В последнем случае первый или первые импульсы ускоряют расплавление электрода, а последующие сбрасывают каплю электродного металла в сварочную ванну. Устойчивость процесса зависит от соотношения основных параметров (величины и длительности импульсов и пауз). Соответствующим подбором тока основной дуги и импульса можно повысить скорость расплавления электродной проволоки, изменить форму и размеры шва, а также уменьшить нижний предел сварочного тока, обеспечивающий устойчивое горение дуги.

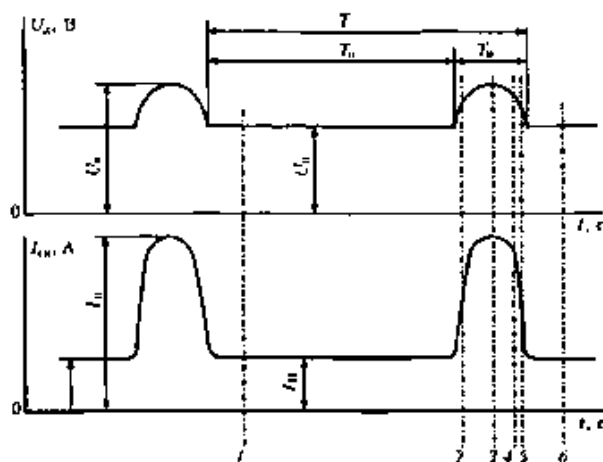


Рисунок 3 - Изменение тока и напряжения дуги при импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом:

$I_{п}$, $U_{п}$ – ток и напряжение основной дуги, $I_{и}$, $U_{и}$ – ток и напряжение дуги во время импульса, $T_{п}$ и $T_{и}$ – длительность паузы и импульса, $T_{п}$ – длительность паузы, $T_{и}$ – длительность импульса

При достаточно высоких плотностях постоянного по величине (без импульсов или с импульсами) сварочного тока обратной полярности и при горении дуги в инертных газах может наблюдаться очень мелкокапельный перенос электродного металла.

Величина критического тока уменьшается при активировании электрода (нанесении на его поверхность легкоионизирующих веществ), увеличении вылета электрода. Изменение состава защитного газа также влияет на величину критического тока. При сварке в углекислом газе без применения специальных мер получить струйный перенос электродного металла невозможно. Он не

получен и при использовании тока прямой полярности.

При струйном переносе дуга очень стабильна — колебаний сварочного тока и напряжений не наблюдается. Сварка возможна во всех пространственных положениях.

Изменять технологические характеристики дуги можно, используя центральную подачу защитного газа с высокой скоростью. Высокие скорости истечения газа при обычных расходах достигаются применением сопел с уменьшенным выходным отверстием. Обдувание дуги газом способствует уменьшению ее поверхности, т.е. сжатию. В результате ввод теплоты дуги в изделие становится более концентрированным. Кинетическим давлением потока газа расплавленный металл отесняется из-под дуги, и дуга углубляется в изделие. В результате глубина проплавления увеличивается в 1,5—2 раза, но при этом повышается и возможность образования в швах дефектов.

3

5. Способ сварки по узкому или щелевому зазору

При этом способе изделия толщиной до 200 мм без скоса кромок собирают с зазором между ними 6—12 мм. Сварку осуществляют на автоматах, плавящимся и неплавящимся электродом, одной или двумя последовательными дугами (при плавящемся электроде сварочные проволоки диаметром до 2 мм). При сварке сталей плавящимся электродом для защиты лучше использовать смесь из 75—80% аргона и 25—20% углекислого газа. Для сварки алюминия и его сплавов применяют смесь аргона и гелия. Разделку заполняют путём наложения одинаковых по сечению валиков. Метод характеризуется уменьшенной протяжённостью зоны термического влияния и равномерной мелкокристаллической структурой швов. Возможна сварка не только в нижнем, но и в других пространственных положениях.

Экономичность способа определяется уменьшением числа проходов в шве за счёт отсутствия разделки кромок. По сравнению со сваркой неплавящимся электродом ИДСП позволяет в 3—8 раз повысить производительность процесса и значительно снизить сварочные деформации при практически одинаковом качестве сварных соединений.

ИДСП может применяться для конструкций ответственного назначения из разных марок сталей, алюминиевых, медных, никелевых сплавов и титана толщиной от 1 до 50 мм при выполнении швов во всех пространственных положениях.

Повышение производительности достигается также повышением скорости расплавления электродной проволоки с увеличенным вылетом. Нагрев электрода в вылете протекающим по нему сварочным током обеспечивает повышение

коэффициента расплавления. Однако при этом уменьшается глубина проплавления, поэтому способ целесообразно применять для сварки швов, требующих большого количества наплавленного металла.

Для сварки используют электродные проволоки малого диаметра (до 3 мм). Поэтому швы имеют узкую форму провара и в них может наблюдаться повышенная зональная ликвация. Применяя поперечные колебания электрода изменяют форму шва и условия кристаллизации металла сварочной ванны и уменьшают вероятность зональной ликвации. Имеется опыт применения для сварки в углекислом газе электродных проволок диаметром 3—5 мм. Сила сварочного тока в этом случае достигает 2000 А, что значительно повышает производительность сварки. Однако при подобных режимах наблюдается ухудшенное формирование стыковых швов и образование в них подрезов.

Расстояние от сопла горелки до изделия обычно выдерживают в пределах 8-15мм. Токоподводящий наконечник должен находиться на уровне краев сопла или утапливаться до 3мм.

При сварке тонколистового металла электрод отклоняют от вертикали на 20-30° в сторону направления сварки.

6.Оборудование и режимы сварки

Короткие импульсы производятся за счёт энергии специального аккумулятора, который предварительно заряжается от электрической цепи. Главная технологическая особенность и преимущество метода – способность импульсной сварки формировать неразъёмные соединения металлов с абсолютно разным составом.

Оборудование для импульсной сварки требуется особое – это особый специализированный –импульсный сварочный аппарат с определенными расходными материалами. Импульсный аппарат генерирует дозированные сварочные импульсы.

Расходными материалами являются разного рода электроды – плавящиеся и неплавящиеся.

В состав импульсного сварочного аппарата входят элементы:

- выпрямитель низкочастотного характера;
- еще один выпрямитель высокочастотного характера;
- устройство сварочного инвертора;
- трансформатор;
- электронный блок управления – плато;
- рабочие шунты.

Сварка вольфрамовым электродом

Основные технологические рекомендации по импульсно-дуговой сварке

тонколистовых материалов такие же, как и при сварке постоянной дугой. При выборе режима сварки большое значение имеет шаг точек.

Таблица 1 - Режимы полуавтоматической импульсно-дуговой сварки стали типа 18-8

Толщина, мм	$t_{и}, c$	$T_{д}, c$	σ	$I_{и}, A$	$I_{д-д}, A$	$\beta, мм$
0,4	0,04—0,12	0,18—0,34	1—3	40—60	1—4	1,0—1,8
0,8	0,12—0,26	0,36—0,60	1—2	80—140	4—8	1,2—1,8
2,0	0,20—0,38	0,40—0,68	0,8—1,5	160—250	6—10	1,2—2,0
3,0	0,28—0,46	0,44—0,76	0,8—1,2	250—330	8—15	1,5—2,5

Для импульсно-дуговой сварки применяются источники питания серии ВСВУ, ТИР либо широко используемые сварочные преобразователи постоянного тока с прерывателями и регуляторами тока.

Сварка плавящимся электродом (ИДСП)

К отечественному оборудованию для ИДСП относятся генераторы импульсов ГИД-1 и ГИ-ИДС, импульсные выпрямители НУП-1, ВДГИ-301 и полуавтомат ПДИ-303.

Для каждого сварочного тока должны быть выбраны оптимальные частота и энергия импульсов. Частоту 50 Гц следует применять при малых токах, когда использование частоты 100 Гц невозможно. При токах свыше 70—100 А следует применять частоту 100 Гц, так как при частоте 50 Гц увеличивается чешуйчатость шва, его пористость и дымообразование.

Таблица 2 - Режимы полуавтоматической импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом угловых швов

Толщина металла, мм	Катет шва, мм	Режим сварки			
		диаметр электрода, мм	сила тока, А	напряжение, В	расход аргона, л мин
2	3—4	1,2—1,4	90—130	18—19	8—10
4	4	1,6	130—150	19—20	10—12
6	6	1,6—2,0	180—220	20—22	10—12
8	8	1,6—2,0	220—260	22—24	12—14

Таблица 3 - Рекомендуемые режимы для ИДСП в аргоне.

Тип соединения	h , мм	$I_{св}$, А	U_d , В	f , Гц	d_n , мм	Аг, л/мин	n
----------------	----------	--------------	-----------	----------	------------	-----------	-----

Хромоникелевая сталь типа 18-8

Стыковые и тавровые без разделки кромок	1,0—1,2	50—70	18—19	50	1,0—1,2	9—11	1
	1,5—2,0	65—130	18—20	50—100	1,0—1,4	10—12	1
	3,0—4,0	90—170	20—23	100	1,2—1,6	12—16	1
	5,0—8,0	160—300	22—28	100	1,6—2,0	15—20	1

Алюминиевые сплавы

Стыковые с зазором 0—0,5 мм	2	60—80	17—18	50	1,2	7—9	2
	3	90—120	18—19	100	1,2—1,6	8—10	2
Стыковые с зазором 0—1 мм	4	130—160	19—21	100	1,2—1,6	10—12	2
	6	160—190	20—22	100	1,6	13—14	2
Стыковые с односторонней V-образной разделкой кромок	8	170—200	20—22	100	1,6—2,0	13—14	2
	10—12	220—280	22—24	100	2,0—2,5	14—16	3
Стыковые с двухсторонней X-образной разделкой кромок	14—16	240—260	22—24	100	2,0—2,5	14—16	4
	18—20	250—300	22—24	100	2,0—2,5	14—16	4—6
Угловые	3	80—100	18—19	100	1,2—1,6	8—9	2
	6—8	160—220	19—21	100	1,6	10—12	2

Примечание. h — толщина свариваемых изделий, $I_{св}$ — ток сварки; U_d — напряжение дуги, f — частота импульсов, d_n — диаметр проволоки, Аг — расход аргона, n — число проходов.

Техника ИДСП в нижнем положении не отличается от техники обычной полуавтоматической сварки плавящимся электродом. Сварка вертикальных швов производится снизу вверх. Сварку стальных конструкций толщиной до 2 мм можно выполнять сверху вниз. При импульсно-дуговой сварке плавящимся электродом алюминиевых сплавов толщиной >4 мм рекомендуется совершать поперечные колебания.

Скорость подачи проволоки выбирается из условия ведения сварки, в режиме короткой дуги, но без замыканий дугового промежутка, в зависимости от ее диаметра и сварочного тока (таблица 4)

Таблица 4 - Выбор скорости подачи проволоки для ИДСП

Свариваемый металл	Диаметр проволоки, мм	Скорость подачи проволоки, м/мин, при токе, А					
		40	75	100	150	200	300
Алюминиевые сплавы	1,2	2,4	4,5	6	9	12	18
	1,6	1,4	2,5	3,3	5	6,7	10
Сталь	2,0	—	1,6	2,1	3,2	4,2	6,4
	1,2	—	2,4	3,6	4,8	7,2	9,6
	1,6	—	—	2	3	4	6
	2,0	—	—	—	1,7	2,3	3,4

Сварку алюминиевых сплавов ведут в аргоне на постоянном токе обратной

полярности с частотой следования импульсов 50 имп/с.

Таблица 5 - Ориентировочные режимы импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом алюминиевых сплавов

Положение шва	Толщина металла в мм	Диаметр электродной проволоки в мм	Сварочный ток в а	Напряжение дуги в в	Скорость сварки в м/ч	Скорость подачи проволоки в м/ч	Расход аргона в л/мин
Нижнее	2,5	1,6	60—90	18—20	35—40	150	8—9
	4	1,6	120—150	20—21	35—40	245	8—10
	4	2	120—150	20—21	35—40	180	8—10
	6	2	180—210	21—22	35—40	210	10—12
	8	2	200—250	22—23	25—30	240	12—15
Вертикальное и потолочное	2,5	1,6	70—80	17—18	35—40	140	8—9
	4	1,6	120—150	20—21	25—30	245	8—9
	4	2	120—150	20—21	25—30	180	8—10
	6	1,6	150—180	21—22	20—30	270	10—12
	6	2	150—180	21—22	20—30	190	10—12
	8	2	180—250	21—22	20—30	230	10—12
	10	2	200—250	22—23	20—25	240	12—14
	14	2	240—300	23—24	10—20	300	14—16

Величина вылета электрода должна составлять:

- для проволоки $d=1,6\text{мм}$ 10-12мм,
- для проволоки $d=2\text{мм}$ 12-15мм.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается принцип импульсной сварки?
2. В чем ее преимущества и недостатки?
3. Какие два способа импульсно-дуговой сварки Вы знаете?
4. Что представляет собой импульсная дуга?
5. Что представляет собой дежурная дуга?
6. Что такое режим импульсной и дежурной дуги?
7. Что называется жесткостью режима импульсно-дуговой сварки?
8. В чем особенность импульсно-дуговой сварки вольфрамовым электродом?
9. В каких случаях используют способ сварки по узкому или щелевому зазору?
10. Какое оборудование применяют при импульсно-дуговой сварке?