

# ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА

# ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ СВАРКА

- сварка, источником энергии при которой являются кинетическая энергия электронов в электронном пучке, сформированном электронной пушкой.
- Используется для сварки тугоплавких, высокоактивных металлов в космической, авиационной промышленности, приборостроении и др. Электронно-лучевая сварка используется и при необходимости получения высококачественных швов с глубоким проплавлением металла, для крупных металлоконструкций.

# ИСТОРИЯ

- Первая установка для электронно-лучевой сварки была создана в МЭИ в 1958 году. В настоящее время выпускаются установки ЭЛУ-27, ЭЛСТУ-60

# СХЕМА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ



# СУЩНОСТЬ

- Электронно-лучевая сварка проводится электронным лучом в вакуумных камерах. Размеры камер зависят от размеров свариваемых деталей и составляют от 0.1 до нескольких сотен кубических метров.
- Плавление металла при электронно-лучевой сварке и образование зоны проплавления обусловлено в давлением потока электронов в электронно-лучевой пушке, выделением теплоты в объеме твердого металла, реактивным давлением испаряющегося металла, вторичных и тепловых электронов и излучением.
- Сварка производится непрерывным или импульсным электронным лучом. Импульсные лучи с большой плотностью энергии и частотой импульсов 100—500 Гц. используются при сварке легкоиспаряющихся металлов, таких как алюминий, магний. При этом повышается глубина проплавления металла. Использование импульсных лучей позволяет сваривать тонкие металлические листы.
- В камере, формирующей электронный луч, откачивается воздух вплоть до давлений 1—10 Па. Это приводит к высокой защите расплавленного металла от газов воздуха.

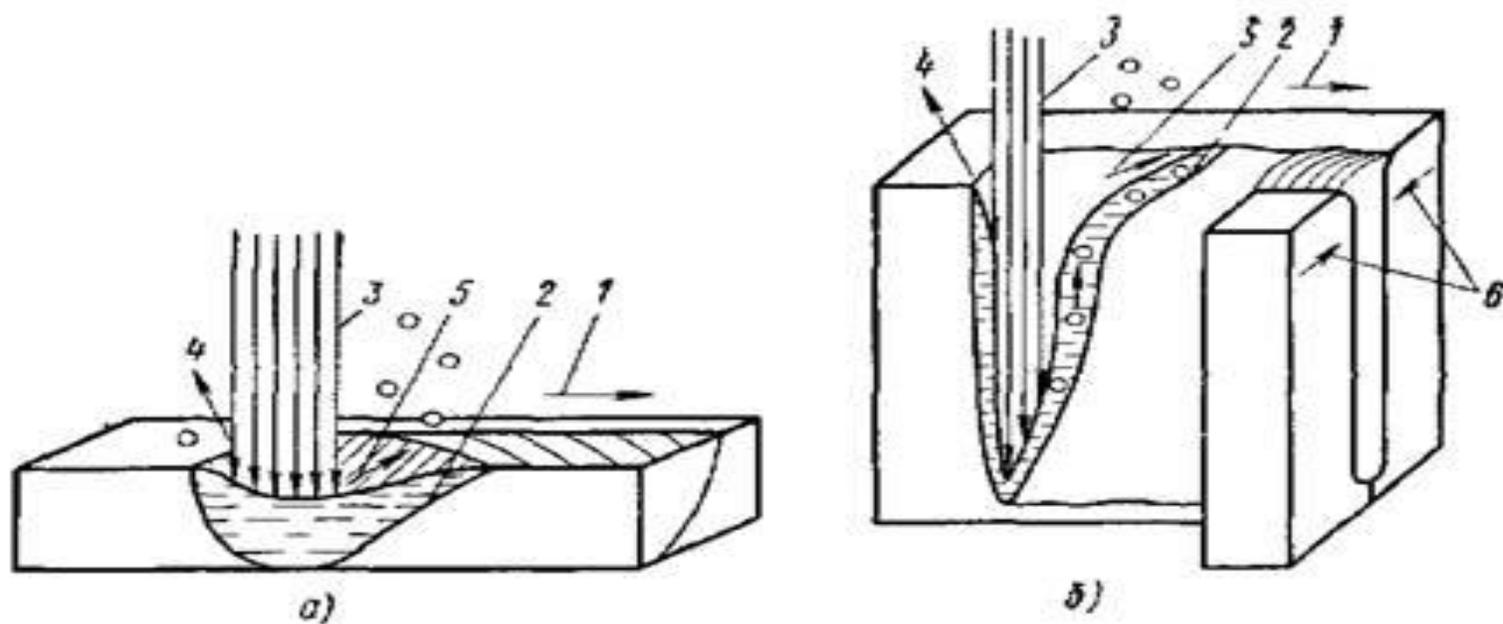


Рис. 3-11. Схема электроннолучевой сварки металлов малой (а) и большой (б) толщины:

1 — направление перемещения изделия;  
 2 — фронт кристаллизации,  
 3 — пучок электронов,  
 4 — направление испарения металла.

5 — направление выноса металла в верхней части сварочной ванны,  
 6 — поперечная усадка металла сварного шва

# ПРИЕМЫ СВАРКИ ЭЛЕКТРОННЫМИ ЛУЧАМИ

- В электронно-лучевая сварке применяют следующие технологические приемы для улучшения качества шва:
- сварку наклонным лучом (отклонение на  $5—7^\circ$ ) для уменьшения пор и несплошностей в металле;
- сварку с присадкой для легирования металла шва;
- сварку на дисперсной подкладке для улучшения выхода паров и газов из металла;
- сварку в узкую разделку;
- сварку двумя электронными пушками, при этом одна пушка производит проплавление металла, а вторая формирует корень канала;
- предварительные проходы для очистки и обезгаживания кромок свариваемых металлов;
- двустороннюю сварку одновременно или последовательно ;
- развертку электронного луча: продольную, поперечную, X-образную, круговую, по эллипсу, дуге и т. п.;
- расщепление луча для одновременной сварки двух и более стыков;
- модуляцию тока луча частотой  $1—100$  Гц. для управления теплоподачей в сварной шов.

# ПРЕИМУЩЕСТВА

- Электронно-лучевая сварка имеет следующие преимущества:
- Высокая концентрация теплоты позволяет за один проход сваривать металлы толщиной от 0,1 до 200 мм;
- Для сварки требуется в 10-15 раз меньше энергии чем для дуговой сварки;
- Отсутствует насыщение расплавленного металла газами.

# НЕДОСТАТКИ

- Образование непроваров и полостей в корне шва;
- Необходимость создания вакуума в рабочей камере.

# ОБОРУДОВАНИЕ

- Электронно-лучевые установки подразделяются на универсальные и специализированные, высоковакуумные (давление менее  $<10^{-1}$  Па), промежуточного вакуума (давление  $10^{-1}$ — $10^{-2}$  Па), сварка в защитном газе ( $10^3$ — $10^5$  Па), на камерные (изделие внутри рабочей камеры) и с локальным вакуумированием (герметизация изделия в зоне сварки).
- В состав установок для электронно-лучевой сварки входит электронная пушка, блоки питания. Электронно-лучевая пушка формирует пучок электронов с высокой плотностью энергии.



# УСТАНОВКА ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ УЗЛОВ.





СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ