

изменения агрегатного состояния расплавленного алюминия, наблюдающегося при температурах, близких к температурам кипения. Однако температура плавления стали  $T_{лик}$  и, следовательно, температура расплавленного алюминия на границе «алюминий-сталь» ниже температуры кипения алюминия  $T_{кип}^{Al}=2450\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

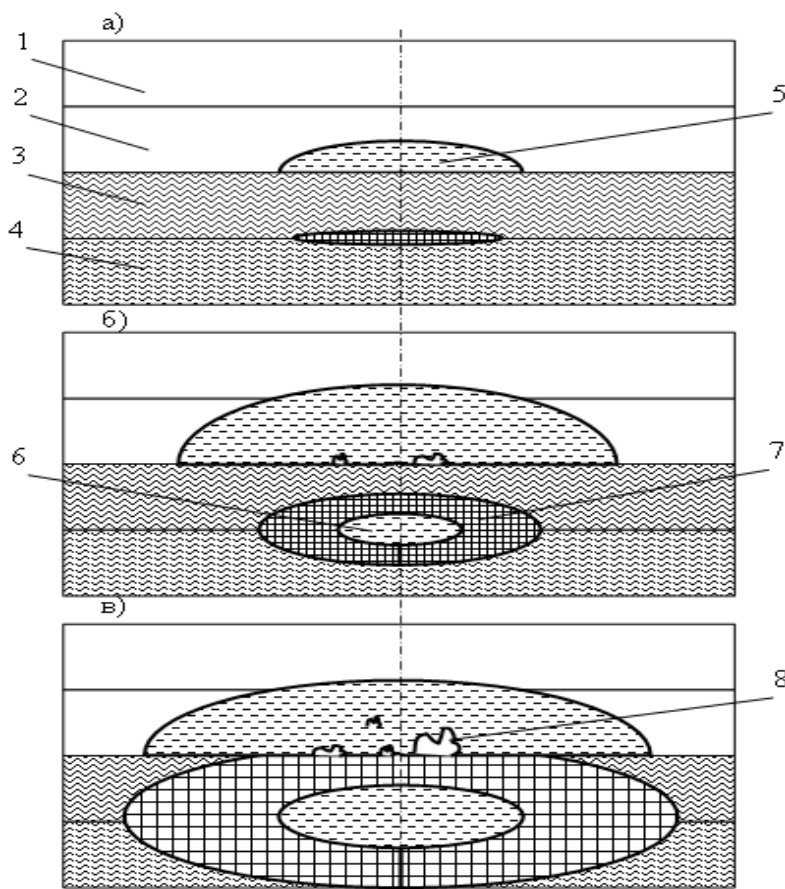


Рисунок 2 – Механизм формирования сварного шва соединения «алюминий-переходник-сталь»

Поэтому объяснением образованию полостей является то, что в зоне сварки имеют место весьма существенные удельные давления, создаваемые при пластическом деформировании пластин и составляющие в зависимости от режима сварки  $P_{уд}=(50...200)\times 10^5\text{ н/м}^2$ . Совместное действие температуры и давления, очевидно, и являются теми факторами, которые приводят к образованию полостей на границе соединения «алюминий-сталь» промежуточных переходников.

УДК 621.791

### Лазерная сварка – прогрессивный процесс соединения материалов

Студент гр.10403114 Яркевич Е. В.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

При лазерной сварке нагрев и плавление металла осуществляется лазерным лучом оптического квантового генератора (ОКГ). Лазерный луч по сравнению с обычным световым лучом обладает рядом свойств – направленностью, монохроматичностью и когерентностью.

Благодаря направленности лазерного луча его энергия концентрируется на сравнительно небольшом участке. Например, направленность лазерного луча может в несколько тысяч раз превышать направленность луча прожектора. Если обычный «белый» свет состоит из лучей с различными частотами, то лазерный луч является монохроматичным – имеет определенную частоту и длину волны. За счет этого он отлично фокусируется оптическими линзами, поскольку угол преломления луча в линзе постоянен.

Когерентность – это согласованное протекание во времени нескольких волновых процессов. некогерентные колебания светового луча обладают различными фазами, в результате чего могут погасить друг друга. Когерентные же колебания вызывают резонанс, который усиливает мощность излучения.

Благодаря вышеперечисленным свойствам лазерный луч может быть сфокусирован на очень маленькую поверхность металла и создать на ней плотность энергии порядка  $10^8$  Вт/см<sup>2</sup> – достаточную для плавления металла и, следовательно, сварки.

Для лазерной сварки обычно используются следующие типы лазеров:

- твердотельные;
- газовые – с продольной или поперечной прокачкой газа, газодинамические.

В твердотельных лазерах в качестве активного тела используется стержень из рубина, стекла с примесью неодима (*Nd-Glass*) или алюмо-иттриевого граната, легированного неодимом (*Nd-YAG*) либо иттербием (*Yb-YAG*). Луч лазера выходит через частично прозрачное зеркало, предварительно многократно отражаясь внутри рубинового стержня и таким образом усиливаясь. Мощность твердотельных лазеров относительно невелика и обычно не превышает 1–6 кВт. Твердотельными лазерами в связи с их небольшой мощностью свариваются только мелкие детали небольшой толщины, обычно объекты микроэлектроники. Например, привариваются тончайшие выводы из проволок диаметром 0,01–0,1 мм, изготовленные из тантала, золота, нихрома. Возможна точечная сварка изделий из фольги с диаметром точки 0,5–0,9 мм. Лазерной сваркой выполняется герметичный шов катодов кинескопов современных телевизоров.

Более мощными являются газовые лазеры, в которых в качестве активного тела используют смесь газов, обычно  $CO_2+N_2+He$ .

Наиболее мощными являются газодинамические лазеры. Для работы используются газы, нагретые до температуры 1000–3000 К. Такой лазер мощностью  $N = 100$  кВт позволяет, например, сваривать сталь толщиной 35 мм с очень высокой скоростью, около 200 м/ч.

Классические виды сварки преимущественно осуществляются с существенным перегревом. Лазерные методы обработки позволяют избежать подобных последствий и существенно снизить затраты присадочных материалов. Локальный нагрев позволяет получить зону термического влияния толщиной не более 2–3 мм, и избежать коробления конструкции. Высокая скорость сварки позволяет уменьшить остаточные напряжения и, в итоге, избежать образования трещин при сварке и исключить негативное влияние перегрева на коррозионные свойства металла.

В авиакосмической промышленности, судостроении, транспортном машиностроении и других отраслях промышленности при изготовлении целого ряда ответственных изделий часто бывает необходимо применять сварку разнородных материалов: подобные соединения возникают при изготовлении несущих алюминиевых элементов фюзеляжа, крыльев самолетов, судовой и топливной арматуры из алюминия со стальным корпусом, топливных баков, соединения медно-никелевого сплава с углеродистой сталью при изготовлении холодильных установок, испарителей, сосудов давления и т.п. Задача сварки разнородных материалов технологически достаточно сложна. Это связано с металлургическими особенностями формирования швов таких соединений при сварке плавлением. Многие сочетания разнородных металлов: медь/алюминий, алюминий/сталь, алюминий/титан, титан/сталь, железо/ниобий и др. имеют ограниченную взаимную растворимость. В авиастроении требуется применять сварку алюминиевых сплавов со сталями и сплавами на основе титана и меди. Сварка алюминиевых

сплавов с другими материалами сопровождается рядом трудностей: большая разница в теплопроводности ведет к интенсивному теплоотводу в сторону алюминия, что препятствует образованию качественного сварного соединения. В связи с указанными трудностями только некоторые виды сварки подходят для соединения таких разнородных материалов. В данном случае лазерная сварка является одним из наиболее перспективных методов в сравнении с другими методами сварки разнородных материалов, поскольку не требует применения дополнительных материалов, специальной обработки кромок, а также обладает высокой скоростью сварки (до 4 м/мин).

Лазерная сварка является актуальной технологией для соединения термопластов в промышленности. Несмотря на то, что большинство пластиков прозрачны для лазерного излучения диодного лазера, сварка возможна за счет комбинации прозрачных и непрозрачных пластиков, при этом зона высоких температур ограничена областью контакта. При этом поверхность прозрачного пластика не подвержена деструкции. При сварке прозрачных пластиков необходимо использовать поглощающие добавки. Дополнительный контроль температуры активной зоны обеспечивает высокое качество технологического процесса.

Внедрение технологий лазерной сварки позволяет повысить качество сварных соединений, уменьшить тепловложение и уровень остаточных напряжений и деформаций сварной конструкции, снизить трудозатраты на последующую обработку конструкции, повысить производительность сварочного процесса. Локальность нагрева и высокие скорости обработки, характерные для лазерной сварки позволяют получать сварные швы с минимальной зоной термического влияния. Высокие скорости нагрева и охлаждения материала при лазерной сварке обеспечивают возможность получения равнопрочных сварных соединений не только однородных, но и разнородных материалов, а также полимерных материалов. Наличие глубокого проплавления снижает количество проходов при сварке толстостенных конструкций и позволяет проводить сварку без разделки кромок.

Вместе с тем, недостатками лазерной сварки являются высокая сложность и стоимость оборудования, низкий КПД лазеров. По мере развития лазерной техники эти недостатки устраняются.

УДК 621.791.052:621.791.65

### **Модернизация технологического процесса сварки трансформаторного бака типа ТМПН**

Студент гр. 104811 Сахно А.А.

Научный руководитель – Голубцова Е.С.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Цель данной работы усовершенствовать существующий технологический процесс сварки данного трансформаторного бака на данном предприятии, улучшить экономические показатели, уменьшить опасные факторы, воздействующие на здоровье и трудоспособность рабочих.

#### **Описание трансформатора**

Трехфазные масляные трансформаторы серии ТМПН, ТМПНГ с первичным напряжением 0,38 кВ предназначены для питания погружных электронасосов добычи нефти в условиях умеренного (от + 40 °С до - 45 °С) или холодного климата (от + 40 °С до - 60 °С) климата. Окружающая среда невзрывоопасная, не содержащая пыли в концентрациях, снижающих параметры изделий в недопустимых пределах. Трансформаторы не предназначены для работы в условиях тряски, вибрации, ударов, в химически активной среде. Высота установки над уровнем моря не более 1000 м.