

**Подготовка поверхностей деталей к холодной сварке давлением**

Магистрант гр. 50424022 Апишев В.В.

Научный руководитель Минько Д.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Холодная сварка – это разновидность высокоинтенсивной сварки давлением без нагрева, при которой контактирование и активирование свариваемых поверхностей происходит за счет вынужденной пластической деформации с предварительной тщательной очисткой поверхностей от органических покрытий [1].

Механизм образования соединения при холодной сварке состоит из 3-х стадий: физическое контактирование, т. е. пластическое деформирование поверхности деталей в холодном состоянии до полного смятия микро- и макронеровностей; активирование поверхностных атомов – в это время происходит встреча возбуждённых атомов дислокаций, что приводит к схватыванию поверхностей; снятие напряжений в объёме сварного соединения, когда после прекращения внешних сжимающих сил, происходит мгновенная релаксация, так как межатомное взаимодействие на три порядка выше сжимающих сил и разрушение сварного соединения не происходит [1].

В обычных условиях поверхности технических металлов представляют собой сложные системы, состоящие из плёнок окислов, адсорбированных газов, масляных плёнок, паров углеводородов. Их удаление включает в себя несколько последовательных операций: обезжиривание, удаление исходных, в основном оксидных, плёнок, пассивирование, нейтрализацию, промывку, сушку.

Главным препятствием холодной сварке, не устранимым в процессе деформации, являются жировые плёнки на поверхности соединяемых деталей [2, 3]. Когда жировая плёнка не удалена или удалена недостаточно полно, то при деформировании металла она растягивается, утоняется, не теряя, как правило, своей сплошности, и препятствует соединению двух металлических поверхностей.

Обезжиривание используют для удаления загрязнений, масла, маркировочной краски протиркой растворителями либо в ваннах различного химического состава [4]. Для ускорения процесса обезжиривания иногда используют ультразвуковые колебания.

Оксидная плёнка после её механического удаления образуется практически мгновенно. Поэтому её удаляют непосредственно при сварке. При этом условии может произойти контакт ювенильных поверхностей, являющийся необходимым условием получения прочного сварного соединения. Экспериментально установлено, что в процессе пластической деформации оксидная плёнка металлов при холодной сварке разрушается и выносится из зоны соединения. То есть наличие на поверхности металла оксидной плёнки не является принципиальным препятствием для его холодной сварки [5].

Механическую подготовку проводят дробеструйной обработкой или металлической щётками. Дробеструйную обработку проводят для стальных деталей с толстой оксидной плёнкой (после горячей деформации, термообработки и т.д.).

Способ зачистки поверхности вращающимися щётками применяется наиболее широко. Этот метод подготовки поверхности обеспечивает наибольшую прочность соединений. Однако, при практическом использовании необходимо строго соблюдать следующие требования:

1. Щётки, должны быть чистыми и сухими; нельзя использовать для других целей: снятие изоляции, удаление окалины и т. д. Необходимо постоянно следить за их чистотой и периодически промывать их бензином, не допуская загрязнения. Попадание грязи и жира со щёток на поверхность обрабатываемых деталей, как правило, исключает возможность холодной сварки.

2. Чистыми и сухими должны быть свариваемые детали. Так как детали часто покрыты консервационной смазкой, следует тщательно удалять слой жира, как детали поступят на операцию подготовки поверхностей к холодной сварке.

В течение короткого промежутка времени между очисткой и холодной сваркой наблюдается некоторое повышение прочности, но сохранить чистоту поверхности длительное время в реальных производственных условиях в отличие от лабораторных проблематично, поэтому рекомендуется сваривать детали в течение одной рабочей смены, во время которой проходит очистка [6].

Обрезка концов деталей специальными резаками производится перед сваркой на стыковых машинах. Подготавливаются только торцы свариваемых деталей. Наиболее широко применяется обрезка концов специальными резаками, или «кусачками».

При обрезке концов деталей, подготавливаемых к стыковой холодной сварке, необходимо обеспечить ровный срез, без сколов и изломов. Поверхность среза должна быть перпендикулярной к продольной оси соединяемых деталей.

К другим механическим способам очистки относят подрезку резцом на токарном станке, шабрение [5].

Очистка путём химического травления осуществляется в кислотных и щелочных растворах с различными добавками для улучшения взаимодействия с поверхностью, пассивирования поверхностей и регулирования скорости травления.

Алюминиевые и магниевые сплавы требуют дополнительной химической обработки для уплотнения и стабилизации новой оксидной пленки, ее пассивирования. Детали из алюминиевых сплавов пассивируют одновременно с травлением, вводя в травящий раствор хром-пик. Магниевые сплавы пассивируют после травления, обрабатывая в растворе хромового ангидрида ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

Для небольших деталей ответственного назначения из коррозионностойких жаропрочных сталей и сплавов, тугоплавких металлов и медных сплавов иногда применяют электролитическое травление и полирование.

После химического или электролитического травления часто необходима нейтрализация, т. е. удаление с поверхности продуктов реакции или электролита. Эту операцию называют также осветлением поверхности [4].

При холодной сварке мелких деталей, механическая подготовка нередко оказывается практически неудобной. В случае алюминиевых деталей может быть применено их прокаливание на открытом воздухе при температуре 350-400 °С. Из работы [3] следует, что при подготовке деталей методом термообработки, на их поверхности сгорают жировые плёнки.

Подготовку к холодной сварке путём термообработки свариваемых деталей рекомендуется производить при условии, что в дальнейшем гарантируется полное отсутствие загрязнения подготовленных термообработкой поверхностей до их сварки.

На качественное соединение деталей при холодной сварке влияет также нанесение твёрдых плёнок на свариваемые поверхности. Мягкая и пластичная плёнка будет деформироваться вместе с растекающейся под ней поверхностью, и даже при весьма значительном растекании она или не разрушится и не даст возможности вступить в контакт новым чистым слоям поверхности металла, или будет разрушаться при очень больших деформациях. Как бы ни чистили поверхности – механически и электролитически – в обычных атмосферных условиях на них всегда останутся какие-то загрязнения. Эти загрязнения будут растекаться вместе с пластичной пленкой и тем самым предотвращать истинный контакт как по пленкам, так и по чистому металлу. Если пластичная пленка и разрушится в процессе деформации, то, так как она все же будет сильно деформироваться и сглаживаться, имеющиеся на ней загрязнения будут выдавливаются на появляющиеся из-под пленок чистые слои металла. Таким образом, присутствие пластичных пленок на поверхностях, подвергающихся сварке, затрудняет осуществление сварки. Иная картина получится при наличии на поверхности относительно твердой и малоэластичной пленки. При некотором сравнительно небольшом растекании поверхности такая пленка треснет, и далее отдельные ее куски будут двигаться вместе с растекающейся

поверхностью, не увеличиваясь по площади, следовательно, в зоне контакта появятся большие площади чистых поверхностей нижележащего металла.

Такие пленки полезны не только тем, что позволяют появиться новым поверхностям при растекании. Вследствие их относительно высокой твердости, пленки мало деформируются, остающиеся на них загрязнения будут зажиматься между осколками пленки выноситься из зоны сварки.

После разрушения и выноса из зоны сварки пленок между чистыми поверхностями металлов, при давлении порядка твердости металла, возникает сцепление в результате действия сил межатомного воздействия.

Никелирование, являющееся лучшим из способов покрытия, обеспечивают стабильно высокое качество, если подготовленные детали сразу же после никелирования защищаются от возможных загрязнений, в том числе и от захватывания руками [1].

Следует упомянуть современные способы обработки поверхностей деталей таких как: реактивное ионное травление и ионно-плазменнонапыление.

Процесс ионного травления проявляется в удалении слоя вещества с находящимися на его поверхности загрязнениями и адсорбированными газами путем распыления [7].

Ионно-плазменной обработкой осуществляется финишная очистка подложек в условиях вакуума перед процессами нанесения пленочных покрытий в едином с ними цикле вакуумной откачки. Это позволяет получать высокоплотные, прочно сцепляющиеся с подложками пленки. После ионно-плазменного травления поверхность подложки становится высоко химически активной.

В качестве рабочих газов для очистки используются инертные газы, воздух, кислород и смеси этих газов. Выбор газа для очистки определяется материалом подложки и предполагаемым видом поверхностных загрязнений. Неорганические загрязнения удаляются в основном физическим распылением ионами аргона, органические – обработкой в плазме кислорода [8].

При ионно-плазменной очистке удаление загрязнений происходит в соответствии с одним или несколькими механизмами, основными из которых являются: термическая десорбция загрязнений в результате разогрева подложки под действием ионной и электронной бомбардировки, распыление и образование летучих соединений загрязнений с химически активными ионами и радикалами плазмы. Для очистки используется физическое распыление, ионно-химическое и плазмохимическое травление, а также сопутствующий обработке разогрев подложки в результате трансформации энергии частиц плазмы в тепло.

Если стоит задача получения очень чистых поверхностей, то ионная очистка комбинируется с высокотемпературным отжигом в высоком вакууме. В результате распыления при ионной бомбардировке удаляются поверхностные загрязнения, но при этом создаются дефекты структуры материала на поверхности, которые могут быть удалены отжигом.

Ионно-плазменное напыление включает в себя процессы создания покрытий – плёнок в вакууме на подложках, в которых материал покрытия переводится из твёрдой фазы в газовую распылением мишени энергетическими ионами. Плёнка формируется на поверхности подложки распыленными частицами.

При ионно-плазменном нанесении плёнки имеют лучшую адгезию, чем плёнки, полученные другими методами в силу высокой энергии распыленных частиц на поверхность детали. Поскольку процесс распыления не вызывает расплавления материала, можно получать плёнки тугоплавких материалов, а также неплавящихся материалов. Регулируя состав энергетических ионов и газовую среду во время нанесения, можно изменять свойства получаемых плёнок, контролировать и управлять их стехиометрией.

Вышеперечисленные способы подготовки поверхности перед операцией холодной сварки могут применяться как вместе, так и по отдельности. Для получения качественного сварного соединения необходимо учитывать особенности и свойства каждого материала участвующего в процессе сварки, так как не каждая операция по очистке поверхности подойдёт для определённой марки материала.

Химические способы очистки поверхности применять не рекомендуется, это объясняется тем, что остатки травящих и моющих веществ практически всегда остаются на поверхностях деталей, и препятствуют образованию прочного соединения в процессе сварки, что требует ввода дополнительной операции нейтрализации и пассивирования. Кроме того, химические способы неэкологичны по причине стекания большого количества растворителей в канализацию.

#### **Список использованных источников**

1. Банов, М. Д. Специальные способы сварки и резки / М. Д. Банов, В. В. Масаков, Н. П. Плюскина. – М.: Академия, 2009. – 208 с.
2. Баранов, И. Б. Холодная сварка пластичных металлов / И.Б. Баранов. – Л. : Машиностроение, 1969. – 392 с.
3. К вопросу о подготовке поверхностей деталей к холодной сварке / И. Б. Баранов. // Автоматическая сварка. – 1958. – №1. – С. 63–70.
4. Чуларис, А. А. Технология сварки давлением / А. А. Чуларис, Д. В. Рогозин. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 221 с.
5. Стройман, И.М. Холодная сварка металлов / И. М. Стройман. – Л. :Машиностроение : Ленингр. отд-ние, 1985. – 224 с.
6. Айнбиндер, С.Б. Новые способы сварки давлением / С.Б. Айнбиндер. – Рига: Издательство Академии наук Латвийской ССР, 1960. – 115 с.
7. Архипов, А. В. Основы технологии электронной компонентной базы: учебное пособие / А.В. Архипов, М.А. Советкина. – Самара: Издательство Самарского университета, 2022. – 192 с.
8. Ивановский, Г. Ф. Ионно-плазменная обработка материалов / Г. Ф. Ивановский, В. И. Петров. – М.: Радио и связь, 1986. – 232 с.