

Защита сварных конструкций от окисления в процессе термической обработки Лаврентьев А.Ю.¹, Лаврентьев М.А.²

*Лаврентьев Алексей Юрьевич
кандидат технических наук, доцент,
кафедра технологии металлов и материаловедения, машиностроительный факультет,
Тверской государственный технический университет, г. Тверь;
Лаврентьев Максим Алексеевич
студент, факультет машиностроительных технологий,
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва*

Аннотация: в статье выполнен анализ опубликованных материалов касающихся вопросов защиты сварных конструкций от окисления в процессе проведения термической обработки. Предложены основные направления совершенствования процесса термической обработки за счет применения нагрева в газовых печах, а также использования защитных покрытий на чистовых поверхностях сварных конструкций.

Ключевые слова: термическая обработка стали, защита от окисления, отжиг сварных конструкций, защитные покрытия.

При изготовлении сварных металлоконструкций возникает необходимость проведения термической обработки. Наиболее широко применяют рекристаллизационный отжиг. В результате такой термической обработки в металлоконструкциях стабилизируются размеры, снижается уровень внутренних напряжений. Особенно важно проведение термической обработки для рам тележек подвижного состава железнодорожного транспорта. В таких конструкциях основной целью термической обработки является повышение усталостной прочности рамы, что обеспечивает повышение ресурса и надежности изделий.

Однако при выполнении отжига возникают трудности, связанные с окислением поверхностей стальных деталей. Под воздействием кислорода воздуха или продуктов сгорания топлива на поверхности изделия формируется слой оксида железа. Этот слой не только портит внешний вид, но и ухудшает эксплуатационные характеристики изделия.

Слой оксида железа на поверхности стали имеет черный цвет с оттенками серого и синего. Плотно сцепленный с поверхностью оксид железа защищает сталь от коррозии и придает изделиям благородный вид. Существуют варианты химического и термического оксидирования или воронения. Такая обработка применяется при изготовлении холодного и огнестрельного оружия несколько сотен лет. Не следует пугать оксидирование и окалину, образовавшуюся при отжиге или прокатке стали. В процессе оксидирования на поверхности стали создается слой оксида железа достаточно равномерный по толщине. Поры и микротрещины, которые неизбежно возникают в слое оксида, пропитывают различными веществами для дополнительной защиты от коррозии.

Окалина на поверхности образовавшаяся при нагреве представляет собой смесь оксидов Fe_3O_4 , FeO и Fe_2O_3 . В процессе внешних воздействий при транспортировке или обработке слой оксидов повреждается. При попадании влаги начинается интенсивная коррозия металла под слоем окалины. Наличие окалины на поверхности изделия создает условия для отслоения лакокрасочных и антикоррозионных покрытий, особенно в условиях вибраций и перепада температур. Присутствие даже плотно сцепленной с поверхностью окалины недопустимо в узлах трения [1] и сопрягаемых поверхностях (резьба, посадочные поверхности).

Цель данной работы: обоснование выбора метода защиты чистовых поверхностей от окисления в процессе отжига крупногабаритных сварных конструкций.

Процесс окисления при высоких температурах достаточно подробно рассмотрен в работе Н. Биркса [2]. В работе рассмотрено влияние примесей на образование оксидов на поверхности металлов. В случае со сталями на процесс высокотемпературного окисления оказывают существенное влияние наличие углерода и марганца. Особенно сильно изменяется кинетика образования оксидов при наличии примесей, образующих устойчивые соединения с кислородом (кремний, алюминий, хром).

Наибольшее влияние на процесс образования оксидов оказывают среда в которой происходит нагрев, а также температура и время выдержки. В процессе отжига сварных конструкций время выдержки и температура назначаются исходя из необходимости наиболее полного снятия внутренних напряжений и не могут быть существенно сокращены. Температуру назначают в диапазоне 550 ... 680 °С, время выдержки может варьироваться от 4 до 20 и более часов.

С окислением поверхности металла в производстве борются, используя четыре различных подхода.

1 вариант. Использование для конструкций окалиностойких сталей. Для повышения окалиностойкости сталь легируют элементами, которые изменяют состав и строение окалины. В результате введения в сталь необходимого количества хрома, кремния или алюминия, обладающих

большим родством с кислородом, чем железо, в процессе окисления на поверхности образуются плотные оксиды на основе этих элементов. Образовывающаяся тонкая плёнка из этих оксидов затрудняет процесс дальнейшего окисления. Такой подход возможен на этапе разработки конструкции, однако следует учитывать существенное увеличение стоимости конструкции при использовании легированных сталей.

2 вариант. Удаление образовавшейся окалины с поверхности изделия. Этому методу обработки посвящено большое количество работ [3, 4]. Применение химического травления или пламенной обработки для очистки крупногабаритных сварных рам существенно увеличивает стоимость изготовления. Наиболее широко для таких конструкций в машиностроении используется дробеметная или пескоструйная обработка. Дробеметная или дробеструйная обработка позволяет также одновременно с очисткой выполнять упрочнение поверхностного слоя металла шва и зоны термического влияния. Однако такой вариант обработки не приемлем для резьбовых поверхностей и пар трения. После очистки поверхность имеет чрезмерную шероховатость, а кромки резьбы и уплотнительные поверхности оказываются полностью уничтоженными. В этом случае применяют различные защитные элементы: устанавливают колпачки, щитки или закручивают болты и гайки.

Все эти мероприятия увеличивают трудоемкость и расход вспомогательных материалов. Из-за таких проблем, в ряде случаев вообще отказываются от чистовой механической обработки заготовок перед сваркой, а выполняют чистовую механическую обработку полностью сваренной рамы. Такой подход требует серьезного обоснования. Размеры рам существенно больше размера заготовок. Для обработки рамы в сборе приходится использовать крупногабаритные станки с большой рабочей зоной, а стоимость таких станков весьма значительна. Для обработки мелких резьбовых отверстий в последнее время стали широко применять небольшие станки с магнитным основанием. Обработка посадочных элементов (подпятниковых узлов) до сих пор производится на крупных расточных станках. Некоторые предприятия вынуждены размещать механическую обработку таких изделий на стороне.

3 вариант. Термическая обработка изделий с безокислительным нагревом. Для этого используют специальные среды: 1) контролируемые газовые атмосферы, 2) расплавы солей или металлов, 3) вакуум.

Для отжига мелких сварных конструкций, например, в приборостроении, возможно использовать нагрев в вакууме или атмосфере защитных газов, однако для крупногабаритных рам или корпусов применение таких сред излишне затратное. Применение соляных ванн также не является оправданным.

Обеспечить некоторое снижение окисления и исключить обезуглероживание возможно применяя нагрев в пламенных печах. Продукты сгорания топлива содержат незначительное количество O_2 , что благоприятно сказывается на процессе обработки.

4 вариант. Защита поверхностей от внешнего воздействия. Достаточно подробно этот метод рассмотрен в работах Солнцева С.С. [5, 6] и Юдина Р.А. [7].

В зависимости от химического и физико-минералогического состава покрытия можно разделить на следующие группы: 1) стекловидные (эмалевые); 2) стеклокерамические; 3) стеклометаллические; 4) органосиликатные; 5) защитные смеси и обмазки; 6) металлические; 7) системы покрытий (типа алитирование + эмаль). По назначению покрытия разделяют, например, на защитные (ЗП), защитно-смазочные (ЗСП) и смазочные (СП) [6].

Многие виды покрытий обеспечивают хорошую защиту металла в процессе отжига. Однако после охлаждения необходимо удалить оставшейся на поверхности материал покрытия. Удалять покрытие некоторые авторы [5] рекомендуют механически или химическим травлением. Для крупных сварных рам эти методы не эффективны в связи с высокими трудоемкостью и затратами.

В рассмотренных источниках информации подробно не рассматриваются вопросы удаления защитных покрытий.

Выводы:

При разработке технологического процесса изготовления сварных рам с применением отжига для снятия внутренних напряжений необходимо учитывать методы борьбы с окислением чистовых поверхностей.

Целесообразно выполнять отжиг в газовых печах с нагревом изделий в продуктах сгорания топлива, по возможности сокращая температуру и время пребывания при высокой температуре.

Несопрягаемые поверхности конструкций нет необходимости дополнительно защищать от окисления. Достаточно выполнить дробеметную или дробеструйную очистку перед окраской.

Чистовые поверхности сопряжений необходимо дополнительно защищать от окисления покрытиями. При этом необходимо проработать вопрос удаления защитного покрытия после термической обработки.

Литература

1. Чичинадзе А.В. и др. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / А. В. Чичинадзе, Э. Д. Браун, Н. А. Буше и др.; // Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. 2-е изд. переработ, и доп. М.: Машиностроение, 2001. - 664 с.

2. *Биркс Н., Майер Дж.* Введение в высокотемпературное окисление металлов. Пер. с англ. / Под ред. Ульянина Е.А. - М.: Металлургия. 1987. 184 с.
3. *Гуляев Б.Б.* Очистка отливок. / под ред. Б.Б. Гуляева. Л.: Машиностроение, 1969. 254 с.
4. *Балакин И.Я.* Технология очистки отливок. / И.Я. Балакин, ЮЛ. Зинин Л.: Машиностроение, 1986. 184 с.
5. *Солнцев С.С.* Керамические покрытия для защиты высокопрочной стали при термической обработке. / Солнцев С.С., Розенкова В.А., Миронова Н.А. // *Авиационные материалы и технологии*. М.: Изд. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов. - 2011г. - № 4 – С. 3-8.
6. *Солнцев С.С.* Защитные покрытия металлов при нагреве: Справочное пособие. / С.С. Солнцев Изд. 2-е, доп. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. - 248 с.
7. *Юдин Р.А.* Защита стали от окисления и обезуглероживания. / Р.А. Юдин, Н.И. Шестаков, И.Р. Юдин, Н.А. Тувалин // в сборнике: Научно-технический прогресс в чёрной металлургии I Международная научно-техническая конференция. Ответственный редактор А. Л. Кузьминов. Череповец: ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», -2013. – С. 418-426.