

**Лаврентьев Алексей Юрьевич**

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Тверской государственный

технический университет»

г. Тверь, Тверская область

**Иванов Дмитрий Александрович**

ведущий инженер

ОАО «Центросвармаш»

ЗАО «Трансмашхолдинг»

г. Тверь, Тверская область

**Лаврентьев Максим Алексеевич**

студент

ФГБОУ ВПО «Московский государственный

технический университет им. Н.Э. Баумана»

г. Москва

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

***Аннотация:** в статье показаны проблемы, которые вызывает окисление стали в процессе отжига сварных крупногабаритных конструкций. Авторами предложены основные направления совершенствования процесса термической обработки сварных конструкций за счет использования защитных покрытий. Обосновано применение медьсодержащих аэрозольных спреев для защиты присоединительных поверхностей.*

***Ключевые слова:** термическая обработка стали, защита, окисление, отжиг сварных конструкций, защитные покрытия.*

Повышение ресурса и надежности работы сварных конструкций является важной задачей, которую решают за счет повышения усталостной прочности металла шва и зоны термического влияния. Для этого часто используют термическую обработку. Крупногабаритные сварные конструкции подвергают

рекристаллизационному отжигу. В результате такой термической обработки в металлоконструкциях стабилизируются размеры, снижается уровень внутренних напряжений.

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. Наличие окалина на поверхности изделия создает условия для отслоения лакокрасочных и антикоррозионных покрытий, особенно в условиях вибраций и перепада температур. Присутствие даже плотно сцепленной с поверхностью окалина недопустимо на присоединительных поверхностях.

При изготовлении сварных металлоконструкций многие производители назначают припуски на последующую чистовую обработку после термической обработки. Присоединительные поверхности обрабатывают на металлорежущих станках. Такой подход приемлем для некрупных деталей, однако обработка рам в сборе сопряжена с определенными трудностями. При обработке крупногабаритных рамы тележек вагонов и локомотивов приходится задействовать расточные или продольно фрезерные станки или обрабатывающие центры с большой рабочей зоной. Такая обработка существенно повышает себестоимость изделия.

Наиболее эффективным способом защиты от окисления чистовых поверхностей в процессе термической обработки является нанесение защитных покрытий или обмазок. Достаточно подробно этот метод рассмотрен в работах С.С. Солнцева [1; 2] и Р.А. Юдина [3].

Многие виды покрытий обеспечивают хорошую защиту металла в процессе отжига. Однако после охлаждения необходимо удалить оставшийся на поверхности материал покрытия. Удалять покрытие некоторые авторы [2] рекомендуют механически или химическим травлением. Для крупных сварных рам эти методы не эффективны в связи с высокими трудоемкостью и затратами.

Для защиты резьбы на предприятиях используются пасты. Первый состав: порошок шамота и асбеста хризолитового. Компоненты разбавляются водой до

тестообразного состояния. Второй состав: смесь талька молотого, порошок молотый огнеупорной глины, вода и натриевое жидкое стекло. Замешивается до сметанообразного состояния. Предложенными пастами замазывают резьбовые отверстия. После термической обработки остатки пасты извлекают из резьбовых отверстий. При этом возникает проблема, связанная с пригоранием компонентов к поверхности резьбы. Отверстия калибруют метчиком, при этом абразивные материалы покрытия провоцируют ускоренный износ инструмента, а в ряде случаев приводят к повреждению резьбы. Использование пасты для защиты плоских поверхностей с низкой шероховатостью нужного эффекта не обеспечивает. Из-за недостаточно прочного сцепления покрытие сдувается потоком газов.

Еще один метод защиты – это установка экранов (крышек, пластин) на обработанные поверхности. После выполнения отжига изделия очищают дробеметом, затем снимают защитные экраны. Поверхность, к сожалению, оказывается окисленной.

В обоих случаях требуется дополнительная очистка или обработка.

На основании вышеизложенного была сформулирована *цель исследования*: оценка эффективности применения различных вариантов защиты чистовых механически обработанных поверхностей сварных конструкций в процессе рекристаллизационного отжига, с учетом последующей очистки.

Для оценки эффективности методов защиты от окисления был проведен эксперимент. Образцы в виде пластин прямоугольной формы изготовили из стали 09Г2С, размеры 100 x 130 мм, толщина 8 мм. Поверхность образца была профрезерована, после чего выполняли клеймение. На 2/3 поверхности пластины наносили защитный состав, а 1/3 поверхности оставалась необработанной, в качестве эталона (рис. 1). Использовали несколько вариантов защитных покрытий.

Образцы устанавливали в газовую печь совместно с изделиями серийного производства. Режимы термообработки: загрузка при температуре цеха, ступенчатый нагрев до 680 °С в течении 12 часов выдержка при температуре 680

°С в течении 5 часов, ступенчатое охлаждение до температуры цеха в течении 8 часов.

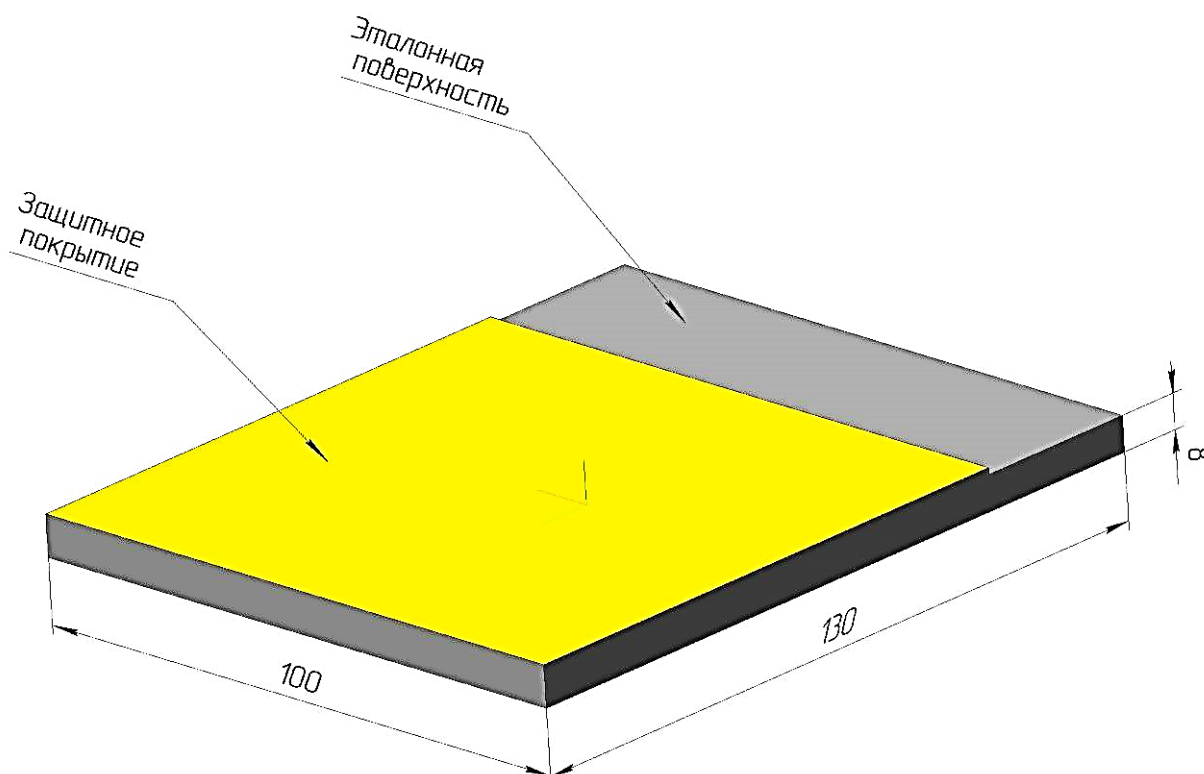


Рис. 1. Схема нанесения защитного покрытия на образец

После отжига необходимо очистить поверхность от остатков защитного покрытия. Для очистки криволинейных поверхностей наиболее щадящим методом можно считать очистку металлическими щетками. Этот метод можно применять для очистки наружных резьбовых поверхностей, в отличие от дробеметной очистки. Для оценки прочности сцепления образовавшуюся окалину и остатки покрытия удаляли металлической щеткой. Экспериментально было установлено, что наиболее явное отличие в качестве очистки наблюдается при выполнении 20 двойных ходов щетки по поверхности образца. При этом выполняли очистку половины поверхности образца. Нижняя часть образца оставлена в состоянии после отжига для получения наглядного изображения качества очистки. Усилие прижима металлической щетки было одинаковым во всех случаях. На рисунках – фотография слева показывает образец после нанесения защитного покрытия, справа – после отжига и очистки металлической щеткой.

*Медьсодержащий аэрозольный спрей* обеспечивает полное удаление оксида и остатков покрытия металлической щеткой (рис. 2). Такой метод нанесения наиболее технологичен за счет аэрозольного нанесения. Однако высокая стоимость материала может ограничить его применение.



Рис. 2. Образец с защитным покрытием на основе медьсодержащего аэрозольного спрея

*Силиконовая смазка* обеспечивает удовлетворительную защиту, однако после обработки металлической щеткой на поверхности остается тонкий слой плотно сцепленного с металлом оксида (рис. 3). Аэрозольное нанесение так же, как и в предыдущем случае достаточно технологично.



Рис. 3. Образец с покрытием на основе силиконовой аэрозольной смазки

*Жидкое натриевое стекло* обеспечивает хорошую защиту металла, однако удалить его с помощью металлической щетки не удалось (рис. 4). Аналогичная ситуация с использованием *кремнийорганического лака КО-8215* (рис. 5).



Нанесение этих составов требует применения специальных распылителей, так как нанесение кистью не обеспечивает равномерного слоя. Кроме того, кремний органический лак выделяет ядовитые испарения.



Рис. 4. Образец с защитным покрытием на основе жидкого натриевого стекла

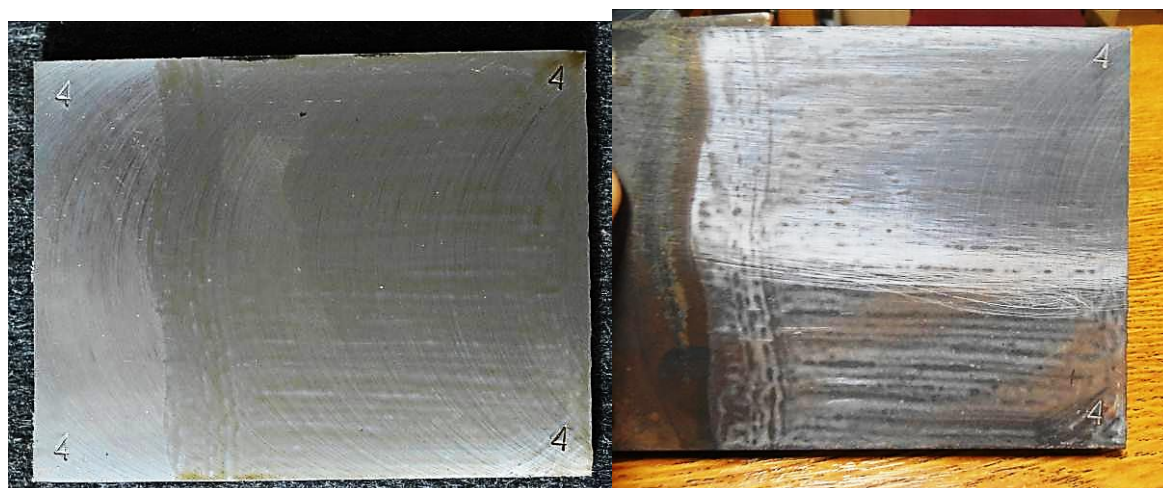


Рис. 5. Образец с покрытием на основе кремнийорганического лака КО-8215

Для сравнения выполнили отжиг образца с закрепленным защитным экраном (рис. 6). Стальную пластину толщиной 3 мм закрепили с помощью двух прихваток на поверхности образца. Слой окалины под пластиной был несколько меньше, но удалить его с помощью металлической щетки не удалось.

#### *Выводы по работе:*

Наилучшую защиту обеспечивает защитное покрытие на основе медьсодержащего аэрозольного спрея. Такое покрытие исключает необходимость применения механической обработки для удаления окалины и

остатков покрытия даже после выдержки при 680°C в течении нескольких часов. Применение металлических экранов без нанесения покрытий для защиты неэффективно.



Рис. 6. Образец с защитным экраном

### ***Список литературы***

1. Солнцев С.С. Защитные покрытия металлов при нагреве: Справочное пособие / С.С. Солнцев. – М.: Либроком, 2009. – 248 с.
2. Солнцев С.С. Керамические покрытия для защиты высокопрочной стали при термической обработке / С.С. Солнцев, В.А. Розенкова, Н.А. Миронова // Авиационные материалы и технологии. – М.: Изд. Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов. – 2011. – №4 – С. 3–8.
3. Юдин Р.А. Защита стали от окисления и обезуглероживания / Р.А. Юдин, Н.И. Шестаков, И.Р. Юдин, Н.А. Тувалин // 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.