

# ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОЦЕССА УПРОЧНЕНИЯ ПРИ ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКЕ И ОСВОЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Тюфтяев А.С., Исакаев Э.Х., Филиппов Г.А., Ильичев М.В.

ИНЭП ОИВТ РАН, г. Москва, Россия

\*ФГУП «ЦНИИЧермет им. И.П. Бардина», г. Москва, Россия,

[ias12@vandex.ru](mailto:ias12@vandex.ru)

Проблема повышения сопротивления усталости и износостойкости деталей приобретает все большую актуальность в связи с непрерывно повышающимися требованиями к надежности и долговечности конструкций. Традиционные методы объемного упрочнения элементов металлоконструкций, в настоящее время в значительной степени исчерпали свои возможности. Кроме того, производство массивных деталей сопряжено со сложностью их изготовления и их заменой в самой конструкции (транспортные ролики, железнодорожные колеса, крестовины стрелочных переводов, кристаллизаторы МНЛЗ и т.п.). Эффективным и экономичным путем повышения долговечности деталей является создание на их поверхностях прочных, долговечных и износостойких слоев [1, 2].

Перспективным направлением повышения эксплуатационной стойкости изделий представляется применение плазменных технологий поверхностного упрочнения, наплавки и нанесения покрытий, которые позволяют получать новое качество и уровень свойств поверхности при сохранении свойств основного металла изделий, а также успешно решать проблему восстановительного ремонта. В настоящей работе проведен комплекс работ по изучению структурных механизмов поверхностного упрочнения и наплавки при плазменной обработке металлоизделий.

Проведены экспериментальные исследования физико-технических характеристик плазмотрона. Разработана и опробована технология поверхностного упрочнения железнодорожных колесных пар, обеспечивающая повышение их эксплуатационного ресурса. Установлены закономерности формирования структуры, фазового состава и механических свойств упрочненной зоны при плазменной обработке стали 60Г. Выявлен структурный механизм повышения комплекса механических свойств и сопротивления разрушению упрочненной зоны колеса, заключающийся в многообразии образующихся при обработке структур – нитридных фаз, аустенита, «фермообразного» и пакетного мартенсита, троостомартенсита и троостосорбита, создающих глубокую и плавную переходную зону от упрочнения к основному металлу (рис. 1).



Рис. 1. Распределение микротвердости и микроструктуры по глубине упрочненного слоя в колесной стали

Эксплуатационными испытаниями показано, что плазменная обработка по разработанной технологии в 2–3 раза увеличивает пробег упрочненных колесных пар по сравнению с неупрочненными (рис. 2).

На основе исследований закономерностей образования структуры, фазового состава, механических свойств наплавленного металла, переходной зоны и основного металла предложены технологии плазменной наплавки износостойкого материала на медь, железнодорожный рельс и железнодорожную крестовину из стали Гадфильда.



Рис. 2. Средние значения пробега упрочненных 1 и неупрочненных 2 колесных пар

Выполнено комплексное исследование химического и фазового составов, микроструктуры и механических свойств жаростойкого хромоникелевого покрытия на медную основу. Установлено, что твердость покрытия в 4 раза, а износостойкость в 4–5 раз выше, чем твердость и износостойкость медной основы, что позволяет прогнозировать увеличение эксплуатационной стойкости стенок медного кристаллизатора с покрытием машин непрерывного литья заготовок данного типа до 500–1000 плавов (табл. 1).

Таблица 1. Прочность и твердость хромоникелевого покрытия и медной основы

| Металл           | $\sigma_b$        | $\sigma_{соста}$ | HRB   | $H_{0,051}$ ,<br>Н/мм <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------|------------------|-------|------------------------------------|
|                  | Н/мм <sup>2</sup> |                  |       |                                    |
| Покрытие (Cr–Ni) | 550–600           | 280–370          | 73–81 | 3200–3550                          |
|                  | 575               | 310              | 75    | 3375                               |
| Граница          | -                 | 180–220          | 20–70 | 830–4500                           |
|                  | -                 | 200              | 45    | 2665                               |
| Основа (Cu)      | 225–235           | 135–180          | <20   | 820–860                            |
|                  | 230               | 157              | <20   | 840                                |

В рамках выполнения работы разработан и внедрен эффективный способ релаксационной обработки наплавки из сплава 65Х25Г13НЗ на рельсы из стали 76Ф и литую железнодорожную крестовину из стали 110Г13Л, включающий ударный наклеп наплавленного слоя, синхронно следующий за наплавкой, обеспечивающий снижение уровня остаточных напряжений и склонности к трещинообразованию. Установлено, что эффект релаксации остаточных микронапряжений в результате наплавленного слоя из сплава 65Х25Г13НЗ является следствием более полного протекания фазового превращения

( $\gamma \rightarrow \alpha$ ) в наплавленном металле и развития процессов микропластической деформации в результате воздействия ударной нагрузки. В результате исследования состава, структуры, уровня остаточных напряжений, механических свойств и сопротивления разрушению наплавки из сплава 65X25Г13Н3 на рельс показана принципиальная возможность создания биметаллической железнодорожной крестовины из низколегированной стали типа 76Ф с наплавкой наиболее подверженных износу областей крестовины взамен высоколегированной стали 110Г13. Опробована технология восстановления плазменной наплавкой изношенных крестовин. Установлено, что эксплуатационная стойкость восстановленных по разработанной технологии крестовин в 2 раза выше, чем исходных новых крестовин из стали Гадфильда (рис. 3).

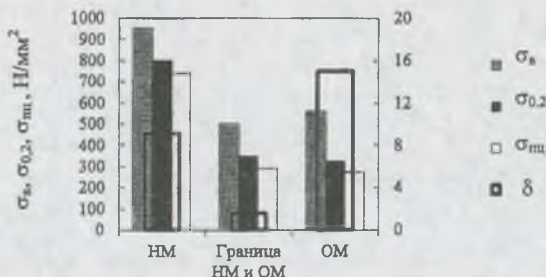


Рис. 3. Механические свойства металла основы, наплавки и переходной зоны

#### Выводы:

1. На основе экспериментальных исследований физико-технических характеристик плазмотрона и закономерностей формирования структуры, фазового состава и механических свойств упрочненной зоны при плазменной обработке стали 60Г разработаны и внедрены установка и технология поверхностного упрочнения железнодорожных колес, обеспечивающие повышение их эксплуатационного ресурса.

2. Разработана и опробована автоматизированная опытно-промышленная установка и технология восстановления плазменной наплавкой изношенных крестовин, ресурсные испытания которых показали, что эксплуатационная стойкость восстановленных по разработанной технологии крестовин в два раза выше, чем исходных, новых крестовин из стали Гадфильда

#### Список литературы

1. Е.И.Гонтарук, М.В.Ильичев, Э.Х.Исакаев, А.С.Тюфтяев, Г.А.Филиппов «Новая технология поверхностного плазменного упрочнения стальных изделий». Сталь, 2002, №6, с. 78-81.
2. М.-Э.Х. Исакаев, М.В. Ильичев, А.С.Тюфтяев, Г.А. Филиппов «Особенности структурообразования и формирования свойств при плазменной обработке углеродистой стали». «Материаловедение», № 2, 2003, с. 52-55.