

**ПРОБЛЕМЫ ПРОЧНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ  
ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Ильичев М.В.<sup>1</sup>, Ливанова Н.О.<sup>2</sup>, Тюфтяев А.С.<sup>1</sup>, Филиппов Г.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ОИВТ РАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», г. Москва, Россия, [iqs12@yandex.ru](mailto:iqs12@yandex.ru)

Известно, что повышение прочности и надежности конструкционной стали может быть осуществлено применением комплекса технологических приемов, обеспечивающих улучшение качества по вредным примесям и газонасыщенности, измельчение структуры за счет модифицирования, рационального раскисления и микролегирования, использование специальных режимов деформационно-термической обработки. Повышение уровня прочности стали без обеспечения запаса вязкости увеличивает опасность преждевременного хрупкого разрушения стальных изделий и конструкций.

Среди известных способов упрочнения конструкционных материалов можно выделить три основных: объемное упрочнение, объемно-поверхностное и поверхностное.

В настоящем докладе рассмотрены закономерности влияния различных способов упрочнения на прочность и сопротивление хрупкому, в том числе замедленному разрушению, конструкционных сталей разных структурных классов: феррито-перлитных, перлитных и мартенситных.

Представлены реальные случаи преждевременного хрупкого разрушения и причины их вызвавшие, а также принципы создания высокопрочных конструкционных сталей с повышенным сопротивлением хрупкому разрушению.

Наиболее эффективными способами увеличения запаса вязкости конструкционных сталей является повышение степени чистоты по примесным элементам и неметаллическим включениям, а также измельчение структуры. Одним из примеров успешно решенных задач повышения уровня прочности и надежности является создание высокопрочных низколегированных сталей для трубопроводного транспорта [1].

Благодаря рафинирующим обработкам содержание серы в современных низколегированных сталях обеспечивается не выше 0,005%, что в сочетании со снижением содержания углерода, микролегированием и применением специальных технологий контролируемой прокатки и ускоренного охлаждения позволяет повысить класс прочности до X100 и X120 при значениях низкотемпературной ударной вязкости 300-400 Дж/см<sup>2</sup>.

Другим примером успешного решения задачи одновременного повышения прочности и надежности является создание составов и технологий термической обработки высокоуглеродистых перлитных сталей для железнодорожного транспорта [2]. Повышение качества колесной стали позволило при условии увеличения содержания углерода и микролегирующих добавок создать стали со структурой ультрадисперсного перлита для железнодорожных колес грузовых и пассажирских вагонов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

К одному из наиболее эффективных способов объемно-поверхностного упрочнения можно отнести легирование стали компримированным азотом. Насыщение стали азотом в условиях повышенных температур и давлений позволяет повысить твердость поверхностных слоев металла до 60-62 HRC на глубине нескольких миллиметров при сохранении пластичности и вязкости сердцевины [3]. Такой способ объемно-поверхностного упрочнения способствует увеличению эксплуатационного

ресурса металлоизделий, работающих в жестких условиях трения и износа. Например, инструментальные стали, подшипник, детали топливной аппаратуры и др.

Среди множества способов поверхностного упрочнения металлоизделий широкое распространение нашли плазменные технологии [4]. В отличие от различных видов химикотермической обработки, плазменная обработка позволяет упрочнять локальную область изделия, наиболее подверженную внешнему воздействию.

В частности плазменная обработка внутренней поверхности гребней железнодорожных колес позволяет существенно увеличить их эксплуатационный ресурс за счет повышения твердости в зоне контакта колеса с рельсом. Изменение твердости по глубине от поверхности гребня колеса, подвергнутого плазменной обработке, показало ее возрастание, что является следствием образования в процессе плазменной обработки градиента характерных для стали типа 65Г структур – от высокоазотистого аустенита и мартенсита до троостита и сорбита.

Особый интерес представляют результаты исследований влияния плазменной обработки на структуру и свойства колесной стали после длительной эксплуатации с дефектами, возникшими в результате взаимодействия колеса с рельсом [5]. Как показали исследования плазменное упрочнение колес после эксплуатации без обточки до полного устранения поверхностных дефектов приводит к следующему: исчезает область наклепа, а количество мелких дефектов типа трещин и выщербин уменьшается, что возможно является следствием их «залечивания» в результате воздействия плазменной струи на поверхность металла. Однако грубые окисленные трещины, возникшие в ходе эксплуатации, остаются без наблюдаемых изменений.

Проведенные рентгеноструктурные исследования образцов по глубине от поверхности катания подтвердили протекание процесса релаксации остаточных напряжений в результате плазменной обработки.

Таким образом, плазменное упрочнение бывших в употреблении колес без обточки позволяет снизить количество мелких дефектов и продлить эксплуатационный ресурс изделия.

#### Список литературы.

1. Шабалов И.П., Морозов Ю.Д., Эфрон Л.И. Стали для труб и строительных конструкций с повышенными эксплуатационными свойствами. –М., Металлургиздат, 2003. -500 с.
2. Шишов А.А., Никулин А.Н., Сухов А.В., Филиппов Г.А. Технологические аспекты повышения надежности железнодорожных колес // Сталь. 2007. №9. С. 79-83.
3. Белоусов Г.С., Белоусов А.В., Филиппов Г.А. Структура и свойства стали 40Х после упрочнения в среде компримированного азота // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2012. № 4. С. 70-74.
4. Ильичев М.В., Исакаев Э.Х., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А. Плазменная обработка сталей с различным химическим составом // Бюллетень «Черная металлургия». 2008. №10. С. 54-57.
5. Ильичев М.В., Ливанова О.В., Тюфтяев А.С., Филиппов Г.А. Влияние технологических параметров плазменной обработки на формирование структуры и свойств стали типа 60Г //Металлург. 2008. №10. С. 59 – 62.