

УДК 53.084.823

## **ФРАКТОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗЛОМОВ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО НАВОДОРАЖИВАНИЯ**

Чурбаева Анастасия Вячеславовна <sup>(1)</sup>

*Студентка 2 курса магистратуры <sup>(1)</sup>  
кафедры «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: А. И. Плохих,  
кандидат технических наук, заведующий кафедры «Материаловедение»*

Для улучшения экологической обстановки, уменьшения водородного следа актуальным становится вопрос использования в качестве альтернативы углеводородному сырью экологически чистых веществ, в частности, использование водорода, так как в процессе его сжигания образуется лишь водяной пар, который легко утилизируется.

Не смотря на значительный прорыв в области водородной энергетики, ученым и инженерам предстоит решить еще целый ряд задач, связанных с повышением надежности, эффективности и безопасности нового источника энергии. Одной из таких является проблема создания новых материалов для трубопроводов и баллонов для хранения и транспортировки водородного топлива.

Проблема заключается в явлении водородной хрупкости, которая в той или иной степени возникает практически во всех металлах. Охрупчивание материала трубопровода является недопустимым, поэтому в последние годы все больше научных работ в сфере конструкционных материалов посвящены изучению водородной хрупкости сталей, а также методов борьбы с ней.

Целью работы является исследование влияния наводороживания на сталь различных систем легирования. Стали, исследуемые в работе в дальнейшем планируется использовать для арматуры трубопровода при транспортировке водорода. Основная задача заключается в фрактографическом анализе изломов образцов, прошедших испытания на растяжение после наводороживания по сравнению с исходным состоянием.

Объектами исследования являются стали типа 32ХГСА и 06ГАФ, которые изготовлены в виде образцов для проведения испытания на одноосное статическое

растяжение. Образцы были подвергнуты упрочняющей термической обработке в виде закалки и отпуска при различных температурах, что соответствует разному уровню прочностных свойств, а затем часть из них были насыщены водородом электролитическим методом. В ходе работы над образцами проводилось испытание на одноосное статическое растяжение, после чего было проведено фрактографическое исследование поверхности излома образцов.

Фрактографическое исследование показало, что по мере повышения температуры отпуска характер разрушения в наводороженных образцах от хрупкого меняется в сторону формирования более фрагментированной структуры на поверхности разрушенного образца, что подтверждает результат проведённых испытаний. Однако, характер изломов у двух разных материалов, стали 32ХГА и стали 06ГАФ после наводороживания не одинаковый. Для выявления причин и получения более обширной информации о влиянии водорода на материалы требуется больше исследований микроструктуры образцов.

Изучение микроструктуры после электролитического травления показало каким образом располагаются зёрна в зонах разрушения у различных образцов, их конфигурацию и размер.

## **Литература**

1. Колачев Б.А. Водородная хрупкость металлов – М.: Metallurgy, 1985. – 216 с.
2. Баранникова С. А. [и др.]. Влияние водорода на локализацию пластической деформации при растяжении низкоуглеродистой стали // Металлофизика и новейшие технологии. 2014.
3. Клевцов Г.В., Ботвина Л.Р., Клевцова Н.А., Лимарь Л.В. Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций: Учебное пособие для вузов. - М.: МИСиС, 2007. - 264 с.
4. Dwivedi S. K., Vishwakarma M. Hydrogen embrittlement in different materials: A review // International Journal of Hydrogen Energy. 2018. № 46 (43). С. 21603–21616.
5. Дж. Феллоуз (ред.) Фрактография и атлас фрактограмм. Справочник. Перевод с англ. М., Metallurgy, 1982г.