

## К ВОПРОСУ О КОНТРОЛЕ ЛАЗЕРНО-УПРОЧНЕННЫХ СЛОЕВ МЕТОДОМ ЭФФЕКТА БАРКГАУЗЕНА

В.Н. Бусько<sup>1</sup>, канд. техн. наук, В.Л. Венгринович<sup>1</sup>, д-р техн. наук,

А.В. Макаров<sup>2</sup>, канд. техн. наук

<sup>1</sup>ГНУ «Институт прикладной физики НАН Беларуси»,

<sup>2</sup>ГУ «Институт машиноведения УрО РАН»

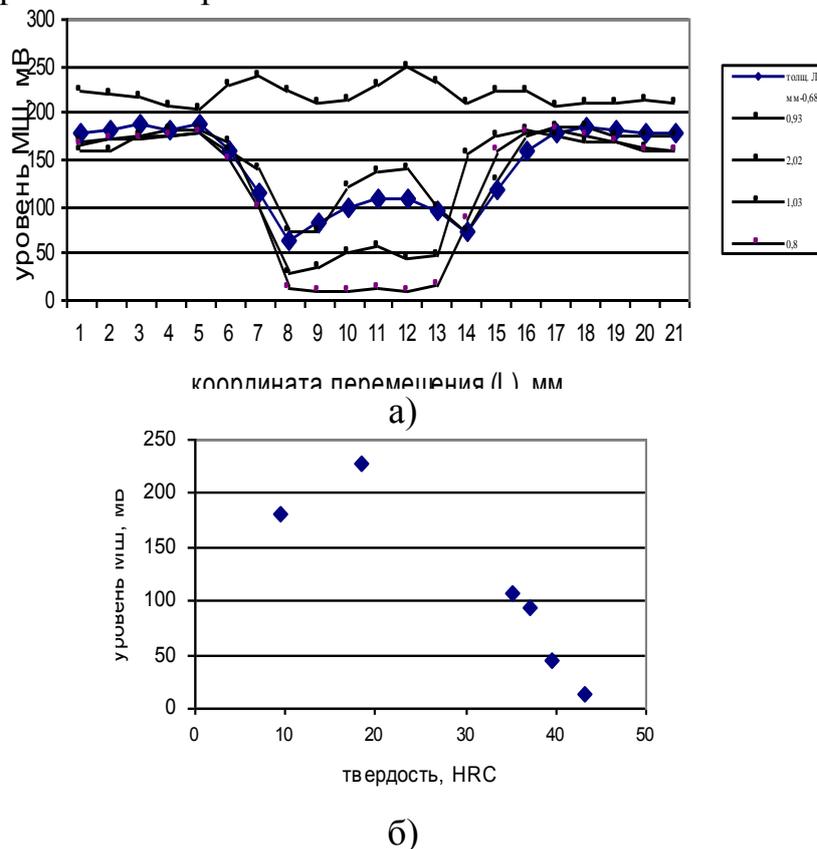
(г. Минск, Республика Беларусь, г. Екатеринбург, Россия)

Упрочнение поверхности изделий из ферромагнитных сплавов с помощью лазерного воздействия (ЛВ) является одним из наиболее эффективных способов повышения долговечности. Неразрушающий контроль (НК) глубины упрочненных слоев изделий после ЛВ на практике осуществляется различными физическими методами, включая магнитный метод эффекта Баркгаузена (МЭБ) [1]. Цель работы – исследование возможности НК других параметров лазерно–упрочненных (ЛУС), в частности, твердости упрочненного слоя. Были изготовлены специальные образцы в количестве 5 штук из стали 20 длиной 45 мм сечением  $10 \times 10$  мм<sup>2</sup>. Параметры ЛУС изменялись путем ЛВ на поверхность образцов при режимах, обеспечивающих различные параметры ЛУС. В результате ЛВ на поверхности образцов формировались ЛУС с различными структурами и толщиной. Мощность лазерного воздействия (Р) составляла 1,2 кВт, скорость обработки (V)– 80–180 мм/мин. Ширина ( $\Delta$ ) полученной таким образом лазерной дорожки составляла 8–9 мм, а толщина ( $\delta$ ) ЛУС варьировалась в пределах от 0,68 до 2,02 мм. Для исключения влияния состояния поверхности на результаты НК ЛУС перед измерениями поверхности образцов были тщательно сошлифованы и отполированы.

Оценка влияния ЛВ на параметры ЛУС с помощью МЭБ осуществлялась посредством измерения интенсивности магнитного шума (МШ) приборами Интромаг и ИМШ [2]. Измерения МШ производились путем сканирования накладным преобразователем Баркгаузена (ПБ) с шагом 1 мм поперек лазерной дорожки на длину ( $L$ )=  $\pm 10$  мм от ее середины при двух ортогональных положениях ПБ. Измерения МШ с помощью прибора ИМШ выполнялись при амплитудах тока перемагничивания  $i = 11,5$  и 25 мА, частоте перемагничивания  $f = 128$  Гц и частоте анализа  $F$  в диапазоне от 5 до 500 кГц. Послойный анализ осуществлялся с помощью прибора Интромаг посредством дискретного изменения  $F_n$  при  $F_{1-4} = 20, 50, 100$  и 150 кГц,  $f = 125$  Гц и  $I = 70$  мА. Микроструктура ЛУС оценивалась с помощью твердости (HRC), измеренной ультразвуковым твердомером МЕТ–1У. В результате исследований получены зависимости уровня МШ от:  $L$ ;  $\delta$ ;  $F$ ;  $i$ ; HRC и положения ПБ относительно направления ЛУС.

На рисунке 1а для примера показаны зависимости уровня МШ от  $L$ , полученные при перпендикулярном положении ПБ прибором ИМШ при  $i = 25$  мА

(координата L от ~ 7 до 14 мм соответствует  $\Delta$  – видимой части лазерной дорожки), рисунок 1б–зависимости уровня МШ от твердости. Из графиков видно, что: лазерное упрочнение поверхности стали 20 оказывает существенное влияние на уровень МШ; в отличие от больших значений  $i$  при контроле  $\delta$ , когда зависимость МШ от  $\delta$  снижается почти линейно [1] при малых  $i$  для закаленной зоны уровень МШ с ростом глубины закалки снижается неоднозначным образом вплоть до  $\delta=1,03$  мм; при  $\delta=2,02$  уровень МШ резко возрастает за счет образования в ЛУС зон отпуска с пониженной твердостью; увеличение твердости ЛУС приводит к резкому снижению МШ, только при  $\delta=2,02$  мм уровень МШ превышает уровень сигнала для зоны основного металла ( $\delta=0$ ), при этом влияние твердости ЛУС на МШ оказывается более значительным, чем  $\delta$ , что связано с превалированием структурных превращений над чувствительностью МШ к  $\delta$ ; микрорельеф дна ЛУС представляет собой зону с нелинейной структурой. Работа выполнена при частичной поддержке междисциплинарного проекта №09–М–12–2002 и проекта Т09Ур–003.



**Рисунок 1 – Зависимость уровня МШ от:** а) длины L, б) твердости HRC (значение твердости 9,4 HRC соответствует  $\delta=0$  мм; 18,5 –  $\delta=2,02$ ; 35,1 –  $\delta=1,03$ ; 37,2 –  $\delta=0,68$ ; 39,6 –  $\delta=0,93$ ; 43,2 –  $\delta=0,8$ ).

### Литература

1. Венгринович, В.Л. К вопросу о толщине информативного слоя при магнитошумовой структуроскопии/В.Л. Венгринович, В.П. Якунин, С.Д. Леготин, В.Л. Бусько // Дефектоскопия, 1986. – №2, –С. 89–93.

2. Бусько, В.Н. Возможность контроля методом магнитных шумов деградации металла в результате поверхностного изнашивания/В.Н. Бусько, В.Л. Венгринович, А.Г. Довгялло и др. // Химическая техника, 2007, –№ 7. – С. 46–48.

УДК 621.385

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ ДЕГРАДАЦИИ СТРУКТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПОЛЕВОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ**

А.Ф. Ильющенко, д-р техн. наук, проф., член-кор.,  
И.В. Фомихина, канд. техн. наук, Л.В. Маркова, канд. техн. наук  
ГНУ «Институт порошковой металлургии» НАН Беларуси  
(г. Минск, Республика Беларусь)

**Введение.** В настоящее время большое внимание уделяется остаточному ресурсу работы металлических конструкций, работающих в условиях термических, механических и химических воздействий.

Исследуются структура, механическая прочность, процессы старения, происходящие при эксплуатации [1]. Отмечается, что процессы старения сопровождаются повышением временного сопротивления, твердости, снижением пластичности и вязкости. Ухудшение механических свойств обуславливается структурными и фазовыми превращениями в материалах.

Актуальность данной работы заключается в изучении деградации структурно–механического состояния металлических конструкций, в том числе сварных соединений, под действием условий эксплуатации с выработкой критериев деградации структуры методом полевой металлографии.

В работе рассматриваются вопросы выявления деградации структурно–механического состояния металлических конструкций, процессы старения, определяется влияние старения на ухудшение свойств металлических конструкций.

Целью работы является определение критериев деградации структуры металлоконструкций в условиях химических и физических воздействий методом полевой металлографии.

**Материал и методика исследования.** Разработка критериев деградации структуры с использованием методики полевой металлографии осуществлялась на металлических конструкциях машиностроения и перерабатывающей промышленности предприятий Республики Беларусь: реакторах установок «Риформинг–3» ОАО «Нафтан»; сосудах для хранения масла и нефти ОАО «Цен-