

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПОВРЕЖДЕННОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.

© 2021 г. Марат Равилевич Тютин^{1*}, Л.Р. Ботвина^{1**}

¹ – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова Российской академии наук (ИМЕТ РАН), 119334, г. Москва, Ленинский проспект, 49

* - mtyutin@imet.ac.ru; ** - lbotvina@imet.ac.ru

Целью данного исследования являлось установление взаимосвязи коэрцитивной силы и вихретокового параметра с поврежденностью широко распространенных в промышленности конструкционных сталей 20, 45 и 15Х2ГМФ. Для этого проведены испытания на растяжение плоских образцов размерами 220×40×6 мм и 184×20×5 мм [1,2]. Поврежденность образцов оценивали методом оптической микроскопии на разных стадиях нагружения во время остановок нагружения. В качестве критерия поврежденности использовали относительную площадь поврежденной поверхности (S^* , %), равную отношению площади поверхности, занимаемой дефектами на полученном изображении, к площади кадра.

Во время пауз при растяжении образцов измеряли вихретоковый параметр ($H_{ВТ}$) с применением дефектоскопа ВД-90НП и коэрцитивную силу (H_C) магнитным структуроскопом МС-10.

На рис. 1, а представлены зависимости относительной площади поврежденной поверхности S^* от относительной деформации ε^* для исследуемых сталей. Относительную деформацию определяли как отношение текущей деформации к деформации разрушения образца. Как можно видеть, на начальном этапе нагружения поврежденность образца из стали 45 наибольшая. С увеличением деформации поврежденность растет по экспоненциальной зависимости для всех исследуемых сталей, причем наиболее интенсивный рост поврежденности наблюдается в образцах из стали 15Х2ГМФ (рис. 1, а).

Исследование показало, что достижение предела текучести и предела прочности вызывает соответствующие изменения коэрцитивной силы и вихретокового параметра [1, 2]. Характер изменения этих параметров в существенной мере зависит от структуры материала. Если коэрцитивная сила при растяжении ферритных сталей 20 и 45 практически монотонно растет с деформацией [1], то в бейнитной стали 15Х2ГМФ до достижения предела прочности наблюдается падение коэрцитивной силы, а потом резкий рост вплоть до разрушения образца [2]. Вихретоковый параметр на разных стадиях разрушения меняется немонотонно, наблюдаются участки его роста и падения [1, 2], что

затрудняет установление корреляции этого параметра с поврежденностью. Для установления зависимости $H_{BT} - S^*$ необходимо выделять стадии разрушения, на которых наблюдается согласованное изменение этих параметров.

По экспериментальным результатам построены зависимости коэрцитивной силы H_C от относительной площади поврежденной поверхности S^* для исследуемых сталей (рис. 1, б). Как видно на рис. 1, б, коэрцитивная сила увеличивается с ростом поврежденности по линейной зависимости для ферритно-перлитных сталей 20 и 45. Для бейнитной стали 15X2ГМФ эта зависимость описывается экспоненциальным соотношением.

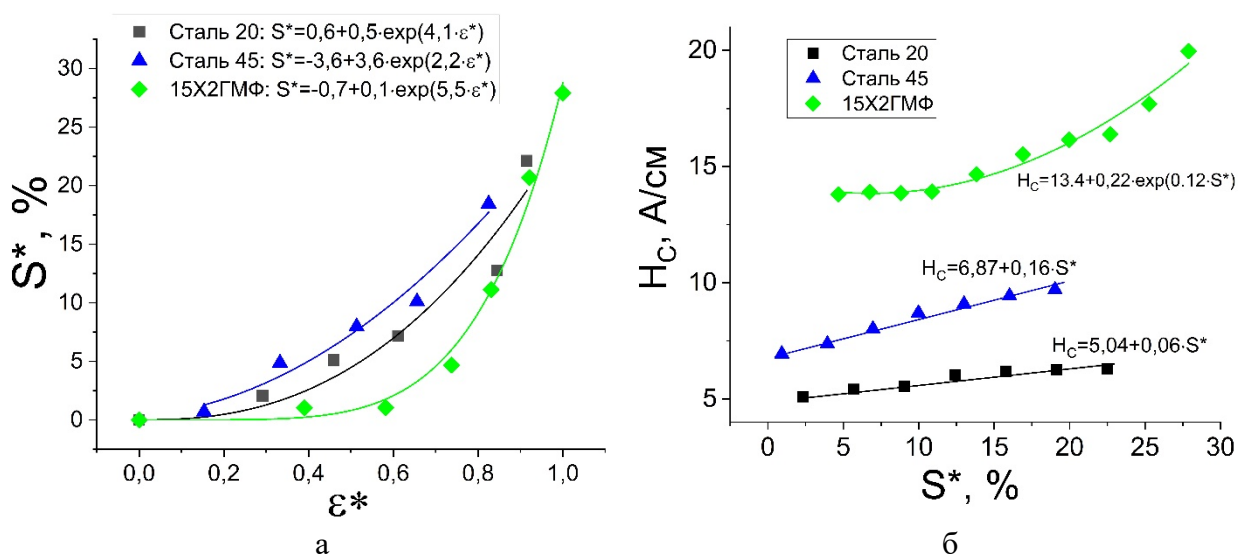


Рис. 1. Зависимости площади поврежденной поверхности (S^*) от относительной деформации ε^* (а) и зависимости коэрцитивной силы H_C от относительной площади поврежденной поверхности S^* в образцах из сталей 20, 45 и 15XГ2МФ (б)

Таким образом, в результате проведенного анализа получены корреляционные зависимости коэрцитивной силы от параметра поврежденности, которые могут быть использованы для оценки состояния материала при его деформации или эксплуатации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №19-19-00674).

ЛИТЕРАТУРА

1. Tyutin M.R., Botvina L.R., Petersen T.B. Tensile damage evolution of structural steels with different structure // Procedia Struct. Integr. Elsevier B.V., 2020. Т. 28. С. 2148–2156. Doi: 10.1016/j.prostr.2020.11.042.
2. Ботвина Л.Р., Тютин М.Р., Левин В.П. и др. Механические и физические свойства, механизмы разрушения и остаточная прочность стали 15X2ГМФ, используемой для изготовления нефтяных насосных штанг // Деформация и разрушение материалов. 2020. № 9. С. 22–34. Doi: 10.31044/1814-4632-2020-9-22-34.