

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИЛОЖЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ НА МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАЛЛА СИЛОВОЙ ОБОЛОЧКИ, ВЫПОЛНЕННОЙ ИЗ СТАЛИ 20К

© 2020 г. Крючева Кристина Денисовна¹, Путилова Е.А.^{1*}, Задворкин С.М.¹,
Мушников А.Н.¹, Мусохранов В.В.²

¹ – ИМАШ УрО РАН, Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34

² – ВГУП «ЦАГИ», Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, 1

* - tuevaevgenya@mail.ru

Анализ напряженно-деформированного состояния (НДС) деталей и элементов конструкций из металлических материалов после некоторого срока эксплуатации остается важной и актуальной задачей, над решением которой работают специалисты различных областей. С точки зрения возможностей применения именно магнитных неразрушающих методов диагностики, работы по изучению влияния упруго- и упругопластического деформирования на поведение магнитных характеристик активно ведутся учеными как из России, так и за рубежом. Однако каждый конкретный случай, в особенности, если это касается объектов ответственного назначения, требует отдельного детального изучения.

Цель работы - определить возможности магнитных методов неразрушающего контроля применительно к оценке напряженно-деформированного состояния элементов силовой оболочки, работающей под давлением.

В докладе представлены результаты по исследованию влияния предварительной пластической деформации одноосным растяжением на изменение магнитных характеристик котельной стали 20К, из которой изготовлен сосуд, работающий под давлением, общим объемом порядка несколько тысяч м³, и находящегося в эксплуатации около 50 лет, под действием упругопластических деформаций.

Влияние упругой деформации одноосным растяжением на магнитные характеристики стали 20К исследовали на образцах, как в исходном состоянии, так и после предварительной пластической деформации с остаточным удлинением $\varepsilon_{ост} = 0,16, 0,20, 0,31, 0,45, 0,53, 0,54, 0,70, 1,06, 1,45, 1,89, 2,85, 3,90$ %. Выбор схемы деформирования растяжением обусловлен тем, что на оболочку сосудов, работающих под давлением, действуют в основном растягивающие напряжения. Эксперименты проводили на испытательной машины Tinius Olsen Super L60, оснащенной магнитноизмерительными системами. Магнитные измерения проводили в замкнутой магнитной цепи, по схеме пермеметра, с помощью магнитноизмерительного комплекса REMAGRAPH C-500, а также с помощью приставных магнитных устройств, учитывающих геометрию образцов и обеспечивающих достаточную глубину промагничивания.

По результатам выполненных исследований подобраны аналитические выражения, описывающие экспериментальные зависимости коэрцитивной силы (измеренной в условиях замкнутой магнитной цепи, а также с помощью приставных магнитных устройств), остаточной индукции и максимальной магнитной проницаемости с коэффициентами детерминации не менее 0,95 в случае промагничивания всей толщины исследуемых образцов.

Установлено, что при величине остаточной деформации более 0,3 % наблюдается высокая чувствительность коэрцитивной силы исследованных образцов к этому параметру, а, соответственно, и к уровню остаточных напряжений: с увеличением остаточной деформации от 0,3 % до 3,9 % коэрцитивная сила возрастает более чем в три

раза. Показано, что магнитные характеристики металла темплетов, бывших в эксплуатации и предоставленных для исследований, соответствуют образцам, деформированным на остаточную деформацию около 0,56 %. Тем самым показана принципиальная возможность оценки исходного уровня (без избыточного давления в конструкции) НДС элементов исследованной силовой оболочки по измерениям коэрцитивной силы с помощью приставных магнитных устройств.

Показана возможность оценки напряжений растяжения в изделиях из исследованной стали 20К в интервале от 0 до 150...200 МПа, в случае если исходное, до приложения растягивающей нагрузки, НДС изделий соответствует остаточной деформации 0,54 % и более.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 20-79-00045).