

## **КОНТРОЛЬ УСИЛИЙ В СТАЛЬНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ПО КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЕ**

*БНТУ, Минск, Республика Беларусь*

*Научные руководители: Мойсейчик Е.А., Василевич Ю.В.*

Известна магнитно-пластическая аналогия, основанная на взаимозависимости движения дислокаций и доменных границ в ферромагнитных сталях. Такая взаимосвязь подтверждается многочисленными исследованиями. В качестве информативных магнитных параметров в окрестности точки контроля механического усилия, чувствительных к изменению состояния структурных составляющих при деформировании материала, наиболее часто используются коэрцитивная сила, эффект Баркгаузена и другие характеристики. Выделенные магнитные характеристики взаимосвязаны с целой гаммой физико-химических и структурных свойств материала (характеристики деформированного состояния материала, предел текучести, предел прочности, твердость, химический состав, наличие термообработки, наличие закаленного и других слоев и др.). В элементах конструкций из стали, как правило, действительное напряженное состояние весьма сложное и определяется особенностями производства стального проката и его последующего передела в процессе изготовления конструкции. В зависимости от происхождения напряжения в окрестности точки контроля разделяют на четыре вида: основные (от расчетных нагрузок и воздействий), дополнительные (от неучтенных в расчетной модели факторов), местные (от местных нагрузок и воздействий, изменений формы элемента и т.д. искажающих форму основного силового потока) и начальные (внутренне уравновешенные от действия сварки, иных местных тепловых и других источников, технологических воздействий). Кроме этого современные стальные конструкции

рассчитываются не только на упругую стадию работы материала, но и с учетом развития пластических деформаций.

Изложенное показывает, что при восстановлении напряженно-деформированного состояния в окрестности точки контроля по данным измерений конкретной магнитной характеристики очень важно представлять какой вид напряжений исследуется и опираться на достоверные зависимости между напряженно-деформированным состоянием (НДС) и измеряемой магнитной характеристикой. При современном уровне знаний зависимости между характеристиками (НДС и магнитными) являются корреляционными и базируются на экспериментальных данных. Такие корреляционные (градуировочные) зависимости получают чаще всего на небольших образцах, НДС которых существенно отличаются от происхождения и распределения напряжений и деформаций в элементах реальных конструкций. Поэтому при использовании корреляционных зависимостей, полученных на небольших образцах, магнитные характеристики, измеряемые при неразрушающем контроле, могут рассматриваться лишь как индикаторные параметры НДС в исследуемой точке.

В работе ставится задача экспериментально исследовать зависимость коэрцитивной силы от действующих усилий при простейших видах напряженно-деформированного состояния на крупноразмерных образцах стального проката и на натуральных изделиях из малоуглеродистых сталей.

Испытания проводили на образцах из листовой малоуглеродистой стали СтЗсп, арматурной стали (арматура S400). Нагружение образцов производилось растягивающим усилием до их разрушения на машине

Р-100. В составе стержневой конструкции посредством испытательного стенда (рисунок 1) создавались в элементах растягивающие (в тяжах) и сжимающие (в распорке) усилия. Нагружение стержневой конструкции в испытательном стенде производилось в пределах упругой работы материала гидравлическим домкратом с контролем создаваемого усилия в диапазоне

0...1000 кН по манометру. Нагружение в обоих случаях велось ступенчато.

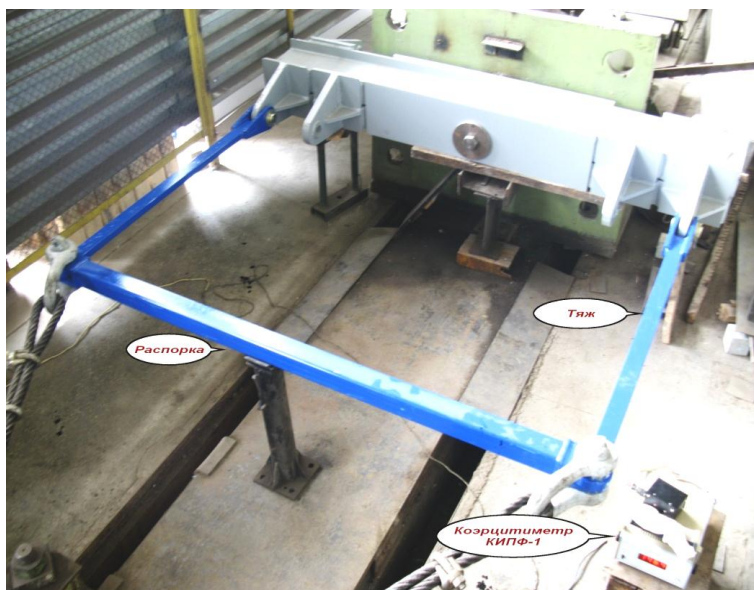


Рисунок 1 – Вид стержневой конструкции в составе испытательного стенда

Для измерения  $H_c$  применялся коэрцитиметр КИПФ-1 конструкции Института прикладной физики НАН Беларуси с преобразователем, представляющем приставной электромагнит для намагничивания исследуемого участка и феррозонд для преобразования магнитного потока в цепи «электромагнит-контролируемый участок» в электрический сигнал.

Диапазон измерения коэрцитивной силы  $H_c$  составляет 100...900 А/м, относительная погрешность – не более 5%. В образцах преобразователь направлялся при измерениях вдоль действующего усилия, а в тяже и распорке – в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

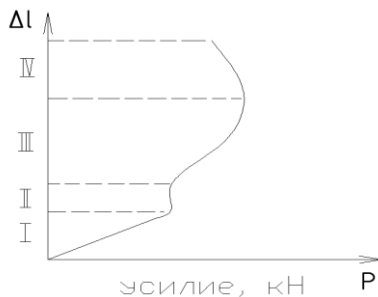


Рисунок 2 – Зависимость относительного удлинения от приложенного усилия

Данные испытаний приведены на рисунках 3, 4.

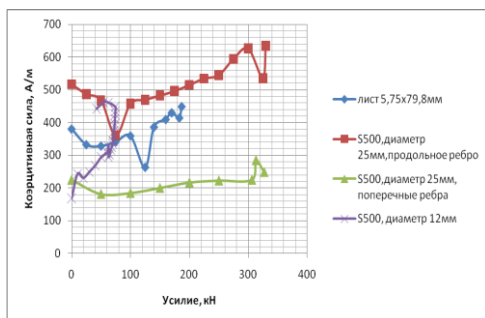


Рисунок 3 – Зависимость коэрцитивной силы от величины растягивающей нагрузки в образцах из листового металл и арматуры S500

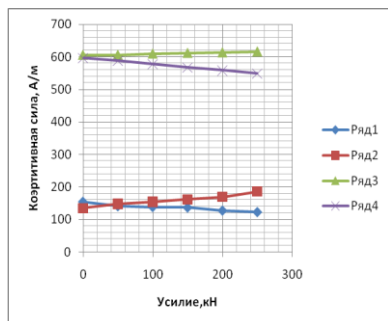


Рисунок 4 – Зависимость коэрцитивной силы от величины нагрузки:  
 1 – в тяже в направлении усилия; 2 – в тяже поперек усилия; 3 – в распорке вдоль усилия; 4 – в распорке поперек усилия

Полученные данные показывают, что изменение величины коэрцитивной силы в материале образцов и элементов конструкций зависит от стадии работы материала и вида усилия. Эту зависимость в упругой стадии можно рассматривать как прямолинейную, убывающую при растяжении и возрастающую при сжатии.

В стадии самоупрочнения материала образцов зависимость может также рассматриваться как прямолинейная, возрастающая при растяжении образца. На стадиях образования в растягиваемых образцах площадки текучести и шейки на кривых образуются скачкообразные изменения величины коэрцитивной силы. Можно предположить, что эти изменения обусловлены изменением ориентации доменов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Акулов, Н.С. Дислокации и пластичность / Н.С. Акулов. – Минск: Издательство академии наук БССР. – 1961. – С. 110.
2. Мельгуй, М.А. Магнитный контроль механических свойств сталей / М.А. Мельгуй. – Минск: Наука и техника, 1980. – 184 с.
3. Михеев, М.Н. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля / М.Н. Михеев, Э.С. Горкунов. – М.: Наука, 1993. – 250 с.
4. Бакиров, М.Б. Разработка методики натурального безобразцового контроля механических свойств стали корпусов водородных энергетических реакторов (ВВЭР) с использованием магнитных методов / М.Б. Бакиров, Н.Ю. Забрусков // Заводская лаборатория. 2000. – № 11. – С. 35–44.
5. Неразрушающие испытания. Справочник. Кн.2; / п.р. Р. Мак-Мейстера. – М.-Л.: Энергия, 1965. – 492 с.
6. Венгринович, В.Л. Магнитошумовая структуроскопия / В.Л. Венгринович. – Минск: Наука и техника, 1991. – 285 с.