

ВЛИЯНИЕ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ.

В. И. Большаков*, д.т.н., проф., **В. И. Сухомлин****, к.т.н., **В. И. Волох*****

**Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры*

***Днепродзержинский государственный технический университет*

****ОАО «Днепроровский металлургический комбинат им. Ф. Е. Дзержинского»*

Введение

Изготовление различных объектов в машиностроении и строительстве предполагает их надежность в течение всего времени эксплуатации. Но эти условия не исключают периодического контроля технического состояния конструкций. А для этого необходима информация о состоянии металла в местах, предрасположенных к возникновению пластической деформации, и в конечном итоге – к разрушению.

Одним из способов определения напряженного состояния в металле является метод измерения коэрцитивной силы H_c , которая зависит от величины механических напряжений. [1]

Формирование тонкой структуры под действием внешних напряжений, ее эволюция и трансформация весьма влиятельны на конечные свойства деформированных металлов и сплавов.

Цель настоящей работы – показать зависимость магнитных свойств (коэрцитивной силы H_c) от состояния дислокационной субструктуры в низкоуглеродистых сталях.

Материалы и методика исследования

Исследовали три марки стали: 3пс, 0 и 09Г2С химический состав которых приведен в работе [2]. Из каждой марки стали изготовлены образцы размером 6 x 20 x 300 мм., вырезанные вдоль прокатки. Растяжение образцов проводили на разную степень деформации 5%, 10%, 15%, 20% на испытательной машины ИР-500. Коэрцитивная сила определялась полуавтоматическим коэрцитиметром КРМ-Ц в центральной части образца.

Для проведения исследований тонкой структуры на трансмиссионном микроскопе ЭМ-125 выполнен отбор металла размером 20 x 10 x 6 мм из средней части испытуемых образцов после растяжению при разных нагрузках.

Результаты исследования и их обсуждение.

Величина коэрцитивной силы определяется механизмом перемагничивания и является структурно-чувствительной характеристикой материала. На величину H_c влияют: суммарная удельная поверхность зерен, остаточные механические напряжения, дефектность материала. Чем больше дефектность материала и менее однородная структура, тем больше H_c и соответственно меньше магнитная проницаемость. Это связано с тем, что наличие в образцах примесей, дефектов кристаллической решетки, различного рода неоднородностей, затрудняет движение границ магнитных доменов. [3]

Результаты исследований для стали 3пс

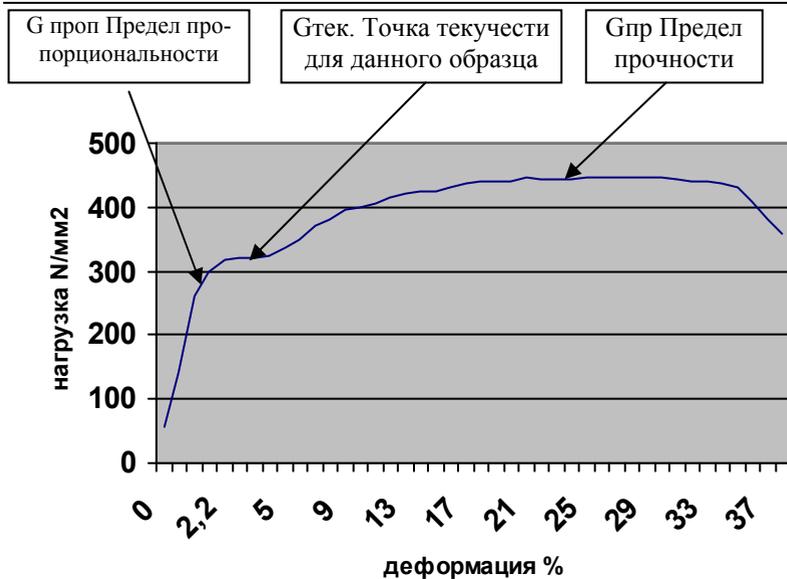


Рис. 1. Диаграмма деформирования образца при статическом одноосном растяжении

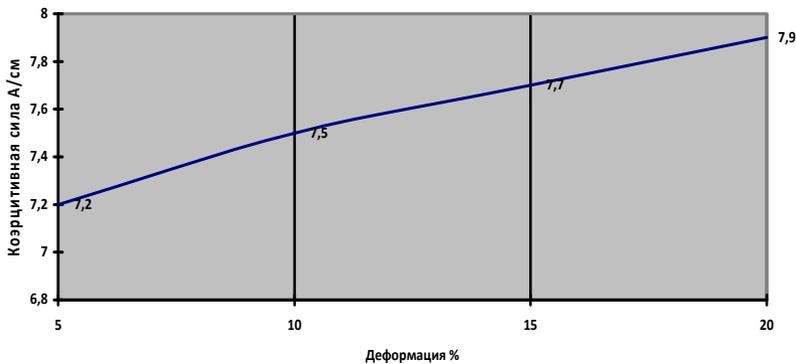


Рис.2. График зависимости коэфцитивной силы от деформационной нагрузки при: 5 %, 10%, 15%, 20%. для стали 3пс

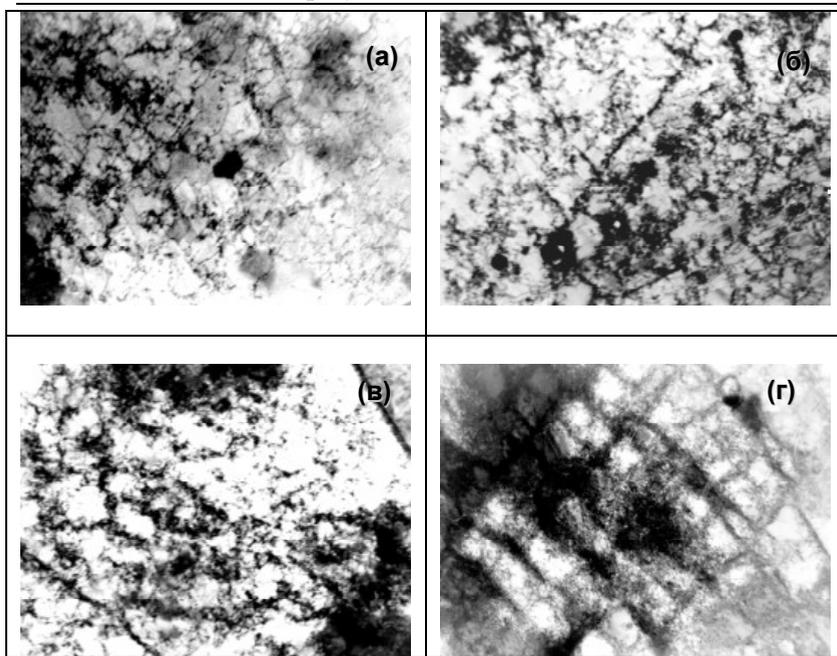


Рис. 3. Тонкая структура стали 3пс после различной деформации: а) 5%, б) 10%, в) 15%, г) 20%, х 14000

На рисунке 3а видно, что уже при 5% деформация является пластической. Дислокации скользят в разных кристаллических плоскостях и, взаимодействуя друг с другом, участвуют в формировании начальной стадии ячеистой структуры.

Увеличение степени деформации до 9% (рис.3б) приводит к образованию развитой ячеистой структуры с рыхлыми стенками и единичными дислокациями внутри. Дальнейшее увеличение деформации до 15% (рис.3в) способствует измельчению ячеек и образованию более тонких стенок в ячейках. При деформировании стали на 20% (рис.3г) происходит незначительному удлинению ячеек в направлении растягивающих напряжений. Это явление вероятно вызвано начальной стадией формирования текстуры в отдельных зернах.

Значение коэрцитивной силы возрастает с увеличением степени деформации [4] Темп роста H_c в интервале деформаций 5-9% превышает этот показатель в интервалах 9-15-20% (рис.2). Такое поведение коэрцитивной силы объясняется более сильным влиянием как наличием дефектов кристаллического строения, так и первыми регулярными субструктурными образованиями. Дальнейшее возрастание деформации вызывает практически линейную зависимость H_c от диаметра ячеек и степени их совершенства.

Результаты исследований для стали 0

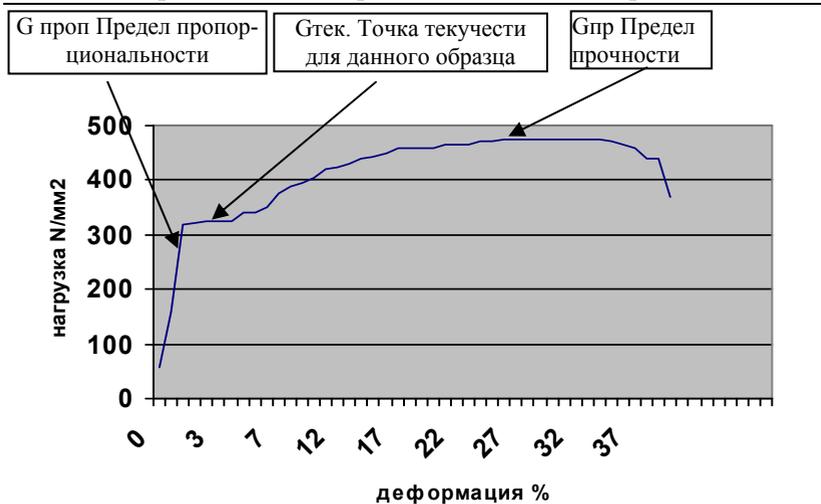


Рис. 4. Диаграмма деформирования образца при статическом одноосном растяжении

Характер изменения коэрцитивной силы на деформированных образцах стали 0 (рис.5) не изменяется в сравнении с данными рисунка 2. Некоторое снижение темпа роста значения H_c на участке 5-10% деформации объясняется большей величиной предела текучести (рис.4). А более высокие значения H_c – более высоким содержанием углерода, а значит и предела прочности.

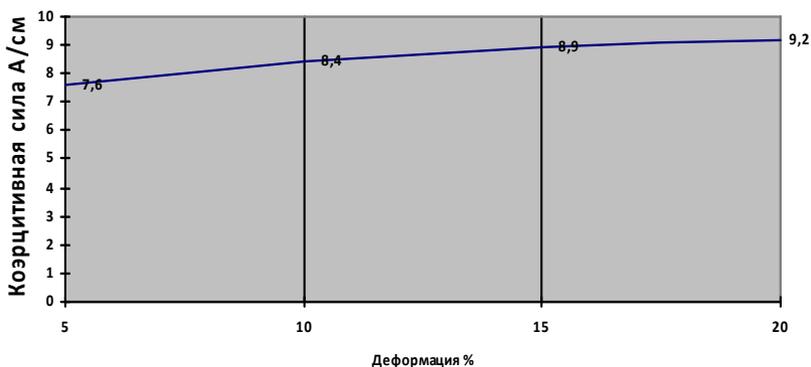


Рис.5. График зависимости коэрцитивной силы от деформационной нагрузки при: 5 %, 10%, 15%, 20%. для стали 0

Совместный анализ диаграммы растяжения и поведение коэрцитивной силы при разной степени деформации для стали 09Г2С показал некоторые отличия от экспериментальных данных для нелегированных сталей 0 и 3кп.

При 5% деформации в этой стали значение H_c самое высокое (рис. 7). Это связано с дополнительными искажениями в кристаллической решетке легированного феррита. Темп нарастания H_c в интервале 5-10% также самый высокий и является следствием более раннего (по степени деформации) образования ячеистой структуры. В дальнейшем ход кривой изменения коэрцитивной силы при деформации 10-15-20% не отличается от аналогичных кривых для сталей 0 и 3кп.

Результаты исследований для стали 09Г2С

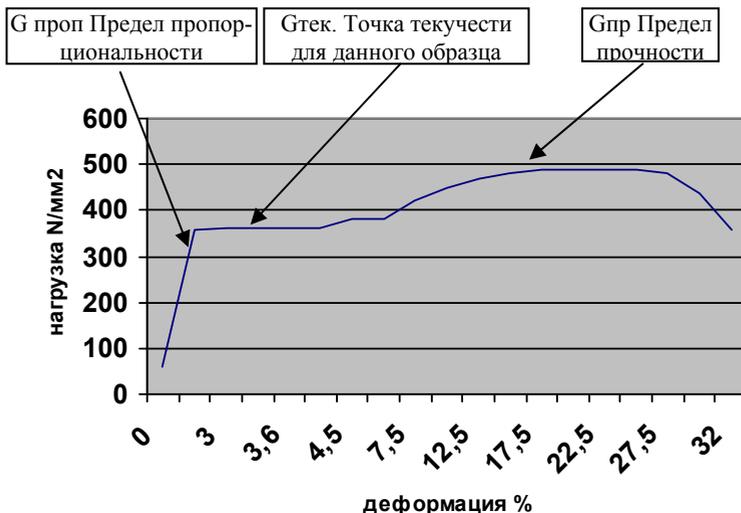


Рис. 6. Диаграмма деформирования образца при статическом одноосном растяжении

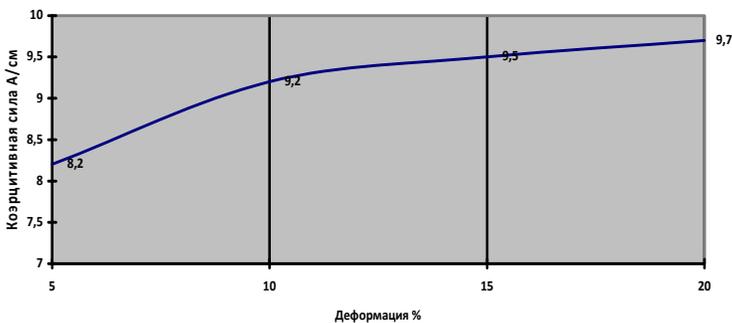


Рис.7. График зависимости коэрцитивной силы от деформационной нагрузки при: 5%, 10%, 15%, 20%. для стали 09Г2С

Выводы

1. Экспериментально установлено, что на разных марках стали, при осевой растягивающей нагрузке изменяется коэрцитивная сила H_c .
2. Начальная стадия пластической деформации наиболее чувствительна к росту коэрцитивной силы.
3. Наличие или отсутствие легирующих элементов существенно влияет на магнитные свойства и коэрцитивную силу.
4. Коэрцитивная сила позволяет обнаружить участки, в которых произошла локальная пластическая деформация.
5. Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что коэрцитивная сила является информативным параметром для оценки уровня произошедших изменений в тонкой структуре деформированного металла

Использованная литература

1. Агинея Р.В., Кузьбожев А.С. Особенности контроля технического состояния газопроводов по коэрцитивной силе металла //Контроль. Диагностика №1.2006 С 18-24.
2. Брехаря Г.П., Сухомлин В.И., Волох В.И. Магнитный контроль по коэрцитивной силе сталей 09Г2С, 0, 3пс при деформационных статических нагрузках. //Сб.научн.трудов. Вып. 59, - Дн-вск, ГВУЗ «ПГАСА»,2011.-184с.
3. Контроль усталости металла неразрушающим магнитным (коэрцитиметрическим) методом / В.И. Романенко, В.В. Моцный, В.И. Волох, Г.Н. Мосьпан / Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2009. – №3. – С. 56-58.
4. Нехотящий В.А., Юхимец П.С., Безлюдько Г.Я. Использование коэрцитивной силы для оценки технического состояния конструкций, работающих под давлением./ Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 2010.- №1- С.49-53.