

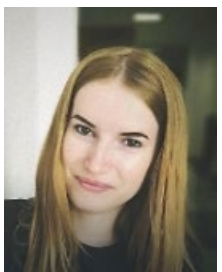
УДК 669-1



Пустовойт Виктор Николаевич
*Профессор кафедры Физическое и прикладное материаловедение
Донской государственной технической университет
Ростов-на-Дону, Россия;*



Долгачев Юрий Вячеславович
*доцент кафедры Физическое и прикладное материаловедение
Донской государственной технической университет
Ростов-на-Дону, Россия;*



Вострикова Марина Геннадьевна
*магистрант кафедры Физическое и прикладное материаловедение
Донской государственной технической университет
Ростов-на-Дону, Россия
marishavostrikova@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ ОМАГНИЧИВАНИЯ В ПОСТОЯННОМ ПОЛЕ НА СВОЙСТВА ТЕРМИЧЕСКИ ОБРАБОТАННЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ

Аннотация. Приведенные в работе данные показывают существование эффекта повышения твердости при намагничивании закаленной стали. Показано, что намагничивание термически обработанных образцов в магнитном поле напряженности 1,6 МА/м, если и приводит к упрочнению, то эти изменения не могут быть устойчивыми во времени.

Ключевые слова: сталь, эффект омагничивания, твердость, свойства, закалка, микротвердость.

Pustovoyt Viktor Nikolaevich
*Professor of the Department of Physical and Applied Materials Science
Don State Technical University (DGTU)
Rostov-on-Don, Russia*

Dolgachev Yuri Vyachislavovich
*of the Department of Physical and Applied Materials Science
Don State Technical University (DGTU)
Rostov-on-Don, Russia*

Vostrikova Marina Gennad'evna
*Master's Student, of the Department of Physical and Applied Materials Science
Don State Technical University (DGTU)
Rostov-on-Don, Russia*

EFFECT OF MAGNETIZATION IN A CONSTANT FIELD ON THE PROPERTIES OF THERMALLY PROCESSED QUICK STEELS

Abstract. The data presented in the work show the existence of the effect of increasing hardness during magnetization of hardened steel. In addition, the work indicates the need for “normal” demagnetization of samples by repeatedly tapping before the next magnetization step. The magnetization of thermally treated samples in such weak fields, but also in significantly strong fields, if it leads to hardening, these changes cannot be stable.

Keywords: steel, magnetization effect, hardness, properties, hardening, microhardness.

Термическая обработка сталей и сплавов в магнитном поле (ТОМП) является комбинированным способом влияния на структуру. Суть метода состоит в использовании энергии постоянного, переменного или импульсного магнитного поля, которая влияет на термодинамику изменений структуры и свойств [1-6].

Ферромагнитное состояние в материалах отличается от других магнитных состояний наличием доменной структуры. Постоянство доменной структуры, определяющееся взаимодействием дислокаций и междоменных границ, вызвано наложением упругих полей дислокаций и магнитострикционных деформаций. Величина и количество доменов зависят от плотности дислокаций, рост которой влечет за собой появление новых доменов с искривленными границами и меньшими размерами, что, в свою очередь, тормозит процессы смещения при намагничивании.

Смещение междоменных границ происходит при омагничивании, а в полях их насыщения – полная аннигиляция. В этих условиях происходит изменение магнито-стрикционных напряжений, которые могут влиять на некоторые свойства намагниченных ферро-магнетиков.

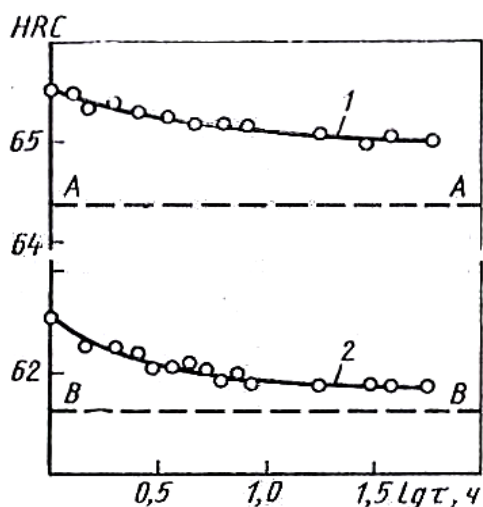


Рис. 1. Изменение твердости стали Р6М5 после намагничивания: 1 – закалка от 1220 °С; 2 – закалка от 1220 °С и трехкратный отпуск при 560 °С.

На рисунке 1, кривые демонстрируют изменение твердости закаленной стали и изменение твердости закаленной и трехкратно отпущенной стали. Прямые АА и ВВ показывают необходимые значения твердостей до омагничивания.

Отмечается, что после термообработки у обоих образцов происходит незначительное повышение твердости HRC, примерно на 1 единицу, после чего она снижается в течение 10 ч. Через сутки происходит ее восстановление. В то же

твердость образца остается выше исходной твердости, а у отпущенного – понижается практически до первоначального уровня.

При условиях поставленной задачи измерение твердости не полностью передает изменения после омагничивания, так как полученные данные отражают сопротивление пластической деформации больших объемов. В связи с этим были проведены испытания на микротвердость мартенсита.

При намагничивании же внешним полем ожидаются изменения, в основном, ферромагнитных фаз. Экземпляр подготавливали в виде шестигранных призм, длина которой равна 22 мм, а основание 10 мм. Магнитную обработку в магнитном поле напряженностью 1,6 МА/м выполняли следующими тремя способами. При первом способе образец располагали стержнем перпендикулярно магнитному потоку. Омагничивание проводили в течение 10 минут, в результате чего измеряли микротвердость на гранях, примыкавших к полюсам электромагнита. При втором способе, расположенный идентично первому способу образец, намагничивали в течение 2 мин, затем слабым постукиванием размагничивали, поворачивали на 60° и снова образец помещали в условия магнитного поля. В результате 12 циклов микротвердость измеряли по методу «намагничивание – размагничивание». Третий метод отличался от первого с той разницей, что ось образца была параллельна магнитному потоку. У полюсов намагниченного образца и посередине его длины измерялась микротвердость. Исследование повторялось с определенным интервалом времени, как и при определении маротвердости. Окончательные измерения выявили небольшую разницу в микротвердоте образцов, до и после омагничивания, поэтому для получения высококачественных результатов о существовании значимых различных показателей для сравниваемых вариантов проводили тщательную методическую подготовку для статистического коллектива из 60 измерений.

Таблица 1

Результаты измерения микротвердости после омагничивания*

Сталь	Средние значения микротвердости после омагничивания H_{100} в течение времени, ч				Исходная микротвердость H_{100}
	0-1	2-3	4-5	24-25	
P18	8450	8400	8390	8360	8360
	8500	8470	8460	8420	8420
P6M5	8610	8480	8470	8440	8400
	8720	8640	8610	8610	8550
P6M5K5	8950	8880	8450	8850	8800
	8890	8800	8780	8770	8720
P9K5	8850	8760	8700	8680	8620
	8700	8620	8590	8580	8500
P9Ф5	8840	8800	8780	8760	8750
	8890	8840	8820	8800	8820

Наблюдаются деформации, которые возникают благодаря магнитострикционному эффекту, то есть разориентацией намагниченности (спиновых магнитных моментов) внутри междоменной границы. Спины электронов в этой границе отклоняются от оси легкого намагничивания, степень отклонения зависит от координаты спина, измеренной в направлении, перпендикулярном плоскости доменной стенки. При изменении направления спинов происходит магнитострикционное изменение размеров. Если выполняется условие когерентности границы с матрицей, то возникают упругие напряжения, поля которых взаимодействуют с упругими полями дислокаций. По-своему химическому составу быстрорежущие стали относятся к магнитотвердым материалам с умеренным значением коэрцитивной силы. Магнитные свойства формируются путем специальной термической обработки. Магнитотвердые материалы имеют коэрцитивную силу $H_c = 4,8 \div 12$ кА/м. Для быстрорежущих сталей H_c после закалки и отпуска колеблется от 2 до 5,6 кА/м. Из-за высокой коэрцитивной силы в быстрорежущих сталях после омагничивания доменная структура не возвращается в начальное состояние.

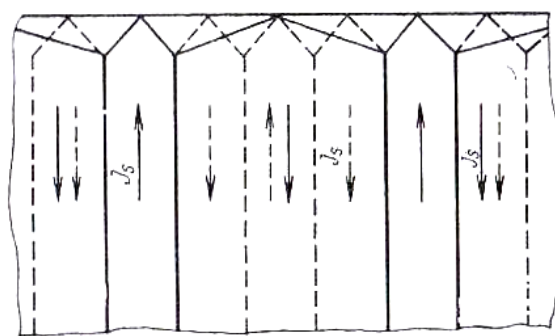


Рис. 2. Доменная структура до намагничивания (---) и после выключения магнитного поля (—).

В течение времени доменная структура будет стремиться к восстановлению своей исходных конфигураций, что вызвано их энергетическим постоянством, соответствующим минимуму магнитной энергии. Размеры доменов уменьшаются, а их количество растет.

В заключение, отметим, что применение ТОМП для магнитомягких материалов нецелесообразно. По химическому составу быстрорежущие стали относятся к магнитотвердым материалам с определенным значением коэрцитивной силы. Магнитные свойства формируются в следствии специальной термической обработки. В зависимости от того, какую развитую поверхность имеют междоменные границы, будет наблюдаться изменение упрочнения стали. В поверхностных слоях, на межфазовых, межзеренных границах сетка междоменных стенок более развитая, в связи с чем, можно полагать, что эффект от омагничивания окажется более значимым.

Следовательно, эффект намагничивания зависит как от химического состава сталей, так и от режима конечных операций, что создает необходимое состояние поверхностного слоя.

Список используемой литературы

1. Pustovoit V.N., Dolgachev Yu., Dombrovskii Yu.M. Use of the superplasticity phenomenon of steel for «internal» magnetic correcting a product // Solid State Phenomena. 2017. T. 265. С. 745-749.
2. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. Технология бездеформационной закалки в магнитном поле тонкостенных деталей кольцевой формы // Вестник Донского государственного технического университета. 2011. Т. 11. № 7 (58). С. 1064-1071.
3. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В., Рожкова В.М. Энергетические особенности образования зародышей мартенсита и кинетика гамма-альфа перехода при действии внешнего магнитного поля // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2015. № 5 (160). С. 131-135.
4. Pustovoit V.N., Dolgachev Y.V. Ferromagnetically ordered clusters in austenite as the areas of martensite formation // Emerging Materials Research. 2017. T. 6. № 2. С. 249-253.
5. Пустовойт В.Н., Броввер А.В., Магомедов М.Г., Долгачев Ю.В. Сверхпластичность стали в температурном интервале мд-мн, как стимул для «внутренней» магнитной правки // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2006. № S6. С. 42-46.
6. Пустовойт В.Н., Долгачев Ю.В. Зарождение мартенсита в условиях сверхпластичности аустенита и воздействия внешнего магнитного поля // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2016. № 2 (181). С. 114-120.