

УДК 620.179.14

О СВЯЗИ КОЭРЦИТИВНОЙ СИЛЫ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТАЛИ 40ХНМА

М. Н. Михеев, Л. В. Кохман и В. А. Бурганова

Рассматриваются вопросы связи между магнитными и механическими свойствами сталей с точки зрения возможности замены механических испытаний магнитными. Приводятся результаты измерений, полученные для труб из стали марки 40ХНМА.

Трубы почти всех без исключения марок стали в состоянии поставки испытываются на механические свойства. При этом, в зависимости от требований ГОСТа или технических условий, испытанию подвергаются от 2 до 100% специально изготовленных образцов, отрезанных от концов труб. Очевидно, что при таком методе главными недостатками являются: расход большого количества дорогостоящего металла, загрузка станков, трудоемкость испытаний и неоднозначность результатов в случае неоднородности структуры и механических свойств по длине трубы.

Отсюда понятны требования промышленности к замене (хотя бы частичной) некоторых видов механических испытаний (например, испытаний на растяжение) определением магнитных свойств путем измерения их непосредственно в трубах, не прибегая к вырезке проб.

Анализ литературных данных [1—15] показывает, что здесь имеются определенные шансы на успех, так как установлена, например, зависимость между твердостью и глубиной слоя, подвергнутого химико-термической обработке, с одной стороны, и магнитными характеристиками,— такими, как коэрцитивная сила, проницаемость, индукция,— с другой.

Более того, в работах [16, 17] обнаружена хорошая корреляция между прочностными характеристиками: пределом прочности σ_b , пределом текучести σ_s , удлинением δ_5 — и коэрцитивной силой H_c , так как именно этот параметр является наиболее чувствительным к изменениям структуры и механических свойств материала [7].

Для изучения связи между изменениями коэрцитивной силы и механических свойств были взяты трубы из стали марки 40ХНМА. Ниже приводится химический состав стали (указано наибольшее и наименьшее содержание компонентов в %).

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	S	P	Cu
0,37	0,50	0,27	0,60	1,25	0,15	—	—	—
0,44	0,80	0,37	0,90	1,65	0,25	<0,025	<0,025	<0,25

Трубы проходили последовательно следующие технологические операции: прокатку на стане ХПТ, отжиг и безоправочное волочение. Коэрцитивная сила определялась вдоль образующей трубы (через каждые 200 мм) при помощи коэрцитиметра с приставным электромагнитом конструкции ИФМ АН СССР, причем измерения проводились на одних и тех же участках трубы до и после каждой из указанных технологических операций.

Из участков труб с аномальными значениями H_c вырезались патрубки, из которых затем изготовлялись разрывные образцы длиной 250 мм. Все образцы вторично были измерены на коэрцитиметре в лабораторных условиях, затем на концевых участках определялась твер-

дость по Бруну и прочности.

Всего было испытано около 500 образцов, из которых 150 из них были определены с коэрцитивной силой, между пределом прочности и твердостью, определенными по эрцитивному току I_p , представляемому в миллиметрах (mm) при нагрузке 1 кг на квадратный миллиметр.

Оценивались также точек на кривой зависимости измеренных ошибок от коэрцитивной силы.

Области изменения коэрцитивной силы H_c и предела прочности σ_b определялись в зависимости от предела прочности σ_s и предела текучести σ_t . Для стали марки 40ХНМА предел прочности σ_b определялся в соответствии с ГОСТом в 450 кг/мм², предел текучести σ_t в 350 кг/мм², предел прочности σ_s в 500 кг/мм², предел текучести σ_t в 430 кг/мм².

Более высокие пределы прочности и текучести определялись в соответствии с ГОСТом в 500 кг/мм² и 430 кг/мм² соответственно. Предел прочности определялся в соответствии с ГОСТом в 500 кг/мм², предел текучести в 430 кг/мм², предел прочности в 500 кг/мм².

Таким образом, получена логичная связь между коэрцитивной силой и механическими свойствами стали 40ХНМА.

На первом этапе для контроля

Института

Первоуральск

1. Михеев

2. Михеев

3. Михеев

4. Янус

1940, 18, №

дость по Бринеллю, после чего образцы разрывались и рассчитывались прочностные характеристики (σ_b , σ_s , δ_5).

Всего было произведено около 7 тысяч измерений коэрцитивной силы и около 500 измерений твердости. На 90 разрывных образцах были определены σ_b , σ_s , δ_5 . Результаты измерений представлены на рисунке, из которого видно, что для стали 40ХНМА существует однозначная связь между пределом прочности σ_b , пределом текучести σ_s , удлинением δ_5 и твердостью HB , с одной стороны, и коэрцитивной силой (размагничивающим током I_p), — с другой. Твердость HB представлена диаметрами отпечатков (мм) при измерениях шариком 10 мм при нагрузке 3000 кГ.

Оценивая разброс экспериментальных точек на кривых, следует учитывать точность измерений H_c ($\pm 3\%$) и неизбежные ошибки при определении механических свойств.

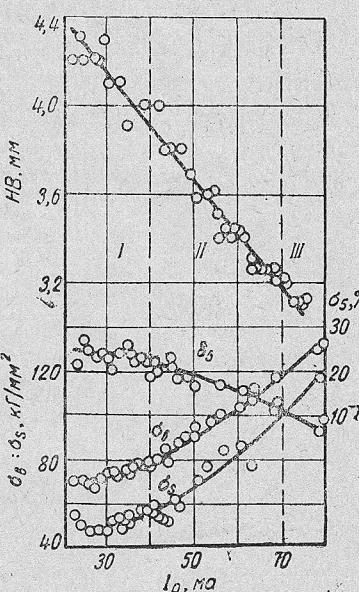
Области значений коэрцитивной силы I, II, III, выделенные на графике пунктирными линиями, характеризуют различные состояния металла труб. Отожженному состоянию (область I) соответствуют следующие механические и магнитные свойства: $\sigma_b \sim (70-80)$ кГ/мм²; $\sigma_s \sim (50-58)$ кГ/мм²; $\delta_5 \sim (25-20)\%$; $HB \sim (4,3-3,8)$ мм; $I_p \sim (22-40)$ ма. Более высокие прочностные характеристики (область II): $80 < \sigma_b < 120$; $58 < \sigma_s < 100$; $3,8 < HB < 3,2$ — пониженная пластичность $10 < \delta_5 < 20$ и высокие значения I_p ($40 < I_p < 70$) обнаружены после холодной прокатки и безоправочного волочения. Наконец, максимальные значения всех названных величин (область III): $\sigma_b > 120$ кГ/мм²; $\sigma_s > 100$ кГ/мм²; $HB < 3,2$ мм; $I_p > 70$ ма — и минимальная пластичность $\delta_5 < 10\%$ соответствуют трубам, изготовленным с нарушением технологии. В участках труб с такими высокими значениями параметров наблюдалось образование глубоких трещин.

Таким образом, имея связь магнитных и механических свойств, аналогичную показанной на рисунке, можно по измеренным значениям коэрцитивной силы определить не только границы, соответствующие качественно проведенной термообработке труб, но и, с достаточной для практики точностью, находить значения прочностных характеристик, не прибегая к вырезке проб.

На первоуральском Новотрубном заводе этот метод используется для контроля качества термообработки труб из данной марки стали.

Институт физики металлов
АН СССР

Первоуральский Новотрубный завод



Зависимость коэрцитивной силы ($H_c \sim I_p$) от изменения механических свойств стали 40ХНМА.

Поступило в редакцию
31 марта 1966 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев М. Н. Заводская лаборатория 1938, 7, № 10, 1155.
2. Михеев М. Н. Изв. АН СССР, ОТН, 1943, № 3—4, 58.
3. Михеев М. Н. Изв. АН СССР, ОТН, 1943, № 5—6, 53.
4. Янус Р. И., Халилеев П. А., Власов В. В. Заводская лаборатория, 1940, 18, № 10, 1103.

5. Михеев М. Н., Жукова П. Н., Ворошилова А. П. Заводская лаборатория, 1948, 14, № 10, 1210.
6. Янус Р. И. и Салитра Я. Б. Заводская лаборатория, 1937, 6, № 4, 448.
7. Вонсовский С. В. и Михеев М. Н. Заводская лаборатория, 1957, 23, № 10, 1221.
8. Акулов Н. С. и Грабовский М. А. Заводская лаборатория, 1936, 5, № 8, 963.
9. Михеев М. Н., Кузнецов И. А., Томилов Г. С., Филиппов С. Д. Заводская лаборатория, 1951, 17, № 1, 121.
10. Белов К. П., Гельфенбайн А. А. Заводская лаборатория, 1937, 6, № 1, 76.
11. Дехтяр М. В., Горбунов А. М., Балдина Л. М., Касаткина Г. М. Заводская лаборатория, 1946, 12, № 9—10, 808.
12. Михеев М. Н., Кузнецов И. А., Крюкова В. М. и Неизвестнов Б. М. ФММ, 1956, 3, 229.
13. Михеев М. Н., Морозова В. М., Томилов Г. С., Титоров Б. Д., Боченков В. С. Заводская лаборатория, 1956, 22, № 1, 52.
14. Морозова В. М., Михеев М. Н. Труды ИФМ АН СССР, 1965, вып. 24, стр. 3.
15. Морозова В. М., Михеев М. Н. Там же, стр. 26.
16. Михеев М. Н., Якутович М. В. Сталь, 1945, № 2—3, 91.
17. Михеев М. Н., Зимнев П. И., Милославский К. Е. Вестник машиностроения, 1945, 25, № 6—7, 70.

УДК 620.179.14

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ ГЛУБИНЫ ОБЕЗУГЛЕРОЖЕННЫХ И ЗАКАЛЕННЫХ СЛОЕВ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ЛОКАЛЬНОГО ПОЛЯ ОТ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ

Г. С. Томилов

Путем экспериментов на модельных образцах исследована зависимость нормальной компоненты поля остаточной намагниченности H_{rz} (после удаления приставного электромагнита) от глубины закаленного и обезуглероженного слоев, а также от величины воздушного зазора при различных магнитных свойствах основы и при различных намагничающих токах в катушке электромагнита. Даны практические рекомендации по раздельному контролю обезуглероженных, закаленных слоев и основы.

В работе [1] было показано, что нормальная компонента поля остаточной намагниченности при достаточно большом намагничающем поле находится в линейной зависимости от коэрцитивной силы материала однородного массивного стального изделия. При более слабых намагничающих полях эта зависимость сохраняется линейной лишь в области сравнительно низких коэрцитивных сил (< 20 э). В области более высоких H_c зависимость между H_{rz} и H_c становится неоднозначной из-за уменьшения глубины промагничивания A с ростом коэрцитивной силы. Эти результаты были использованы в настоящей работе применительно к раздельному контролю неоднородных стальных изделий, имеющих слоистую структуру.

Обезуглероженный слой естественно должен ослаблять поле остаточной намагниченности, и это ослабление будет находиться в прямой зависимости от толщины слоя. Закаленный поверхностный слой, наоборот, должен повышать поле остаточной намагниченности H_{rz} про-

порционально
есть прои
Строго
рудните
теоретиче
данными,

Исслед
глубины з
ствах осно
вающих то
на модель
 $\times 80$ мм.

Модели
наложения
 $40 \times 200 \times$
углерожен
товой стал
валась в
(12; 21; 32
проведения
сана в [1].

Результа
зависимост
поненты п
глубины за
различных
при различ
ящих токах
рис. 1. Этот
ет, что с у
чия в коэрц
ленного сло
основы увел
вал изменен
словленный
щины зака
прочных раб
интервал во
ростом намаг
стигают свое
ния) при
намагнича
данными ра
при данных
электромагн

Следует с
слоя на сра
выше интерв
ного слоя со

Из рис. 1
боких слоев

¹ Здесь и д
и H_{co} — коэрц