

около 7 кг. Питание дефектоскопа осуществляется от отдельного блока питания размерами $300 \times 160 \times 120$ мм и массой 5 кг. Потребляемая мощность около 100 Вт. Прибор оснащен механизмом, обеспечивающим синхронную протяжку магнитной и бумажной лент со скоростью до 20 мм/с. При выбранной частоте сканирования дальнейшее повышение скорости протяжки приводит к нежелательному увеличению расстояния между строками. Образец записи на ЭХБ дефектного участка сварного шва приведен на рис. 2. В верхней части рисунка (а) представлена запись сварного шва в плане. Видны края валика усиления и протяженный дефект (непровар глубиной 15%). Внизу (б) показана запись сигнала воспроизведения в аналоговой форме для случая использования одной схемы сравнения.

На основе способа записи результатов магнитографического контроля на ЭХБ в 1980 г. разработан опытный образец нового магнитографического дефектоскопа МД-20Г.

ВНИИ по строительству
магистральных трубопроводов

Поступила в редакцию
5 сентября 1980 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанов И. М. Электрохимическая запись. Библиотека по автоматике. Вып. 375. М.: Энергия, 1970, 96 с.
2. Карамов З. С., Фомин А. Ф. Элементы и узлы радиотелеметрических систем. М.: Энергия, 1966, 350 с.
3. Егорычев Н. М., Хусанов М. Х., Парамонов В. Д. Электронный регистратор к магнитографическим дефектоскопам. Авт. свид. № 519627.—Бюлл. изобр., 1976, № 24.
4. Егорычев Н. М., Хусанов М. Х. Электронный регистратор к магнитографическому дефектоскопу. Авт. свид. № 688876.—Бюлл. изобр., 1979, № 36.
5. Егорычев Н. М., Хусанов М. Х. Устройство для магнитографической дефектоскопии. Авт. свид. № 864103.—Бюлл. изобр., 1981, № 34.

УДК 620.179.14

О МАГНИТНОМ КОНТРОЛЕ ТВЕРДОСТИ ЗАГОТОВОК КРЕПЕЖА ИЗ СТАЛИ 25Х1МФ

В. М. Морозова, А. П. Ничипурук

Результаты предварительных исследований магнитных, электрических свойств и твердости стандартных образцов ($10 \times 10 \times 60$ мм) стали 25Х1МФ показали принципиальную возможность контроля твердости после закалки и отпуска по коэрцитивной силе. Кроме того, исходя из [1], можно было ожидать, что релаксационная коэрцитивная сила H_r , измеренная в незамкнутой магнитной цепи по внешнему полю, будет коррелировать с твердостью. В некоторых случаях, однако, принципиальная возможность магнитного контроля по измерениям той или иной характеристики еще не гарантирует ее успешного применения. В частности, при измерении коэрцитивной силы с помощью коэрцитиметра типа КИФМ-1 существенную роль играет качество контакта приставного электромагнита с испытуемым телом, а при измерении релаксационной коэрцитивной силы в незамкнутой магнитной цепи сказывается размер тела.

Цель данной работы — найти корреляции для заготовок крепежа между H_c , H_r и твердостью HRC после закалки и отпуска, а также определить дополнительные погрешности магнитного контроля, обусловленные при контроле по коэрцитивной силе несовершенством геометрической формы заготовок, а при контроле по релаксационной коэрцитивной силе — колебаниями длины цилиндрических заготовок и, следовательно, варьированием размагничивающего фактора.

Исследовали заготовки крепежа в виде цилиндрических прутков диаметром 15 мм и длиной 100—105 мм, перед измерениями приведенные к одному размеру — 100 мм. Шероховатость черновой поверхности заготовок, вызванная, в основном, налетом окисла, приводила к нарушению контакта с приставным электромагнитом. Термическую обработку заготовок выполняли по следующим режимам. Заготовки первой группы закаливали при 700—1050°С, заготовки второй группы после предварительной закалки от нормальной технологической температуры (950°С) отпускали при 300—700°С. Вы-

держка под закалку после достижения заданной температуры составляла 20 мин, а при отпуске — 2 ч. Закалочной средой служила вода комнатной температуры. После отпуска заготовки замачивали в воде.

Коэрцитивную силу H_c и релаксационную коэрцитивную силу H_r измеряли в аstaticеском магнитометре при максимальном намагничивающем поле $\sim 76\,000$ А/м. Твердость измеряли методом Роквелла по шкале С. Размагничивающий ток коэрцитиметра I_p определяли по шкале 200 мА. Кроме того, были измерены показания I_d коэр-

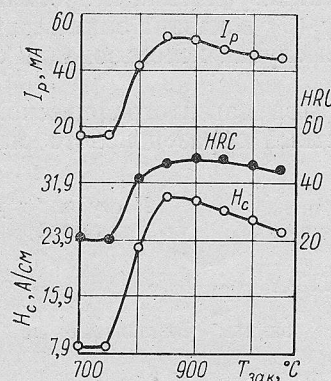


Рис. 1. Зависимость коэрцитивной силы H_c , размагничивающего тока коэрцитиметра I_p и твердости HRC заготовок крепежа от температуры закалки T_{zak} .

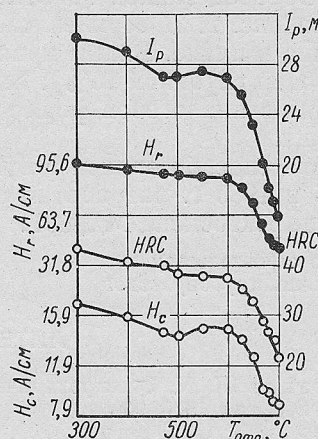


Рис. 2. Зависимость коэрцитивной силы H_c , релаксационной коэрцитивной силы H_r , размагничивающего тока коэрцитиметра I_p и твердости HRC заготовок крепежа от температуры отпуска $T_{отп}$.

цитиметра с внутренней отрицательной обратной связью [2, 3] (на графиках не отражено). На рис. 1 приведены зависимости H_c , HRC и I_p от температуры закалки. Видно, что коэрцитивная сила дает возможность выявлять грубый недогрев при закалке (нормальная температура закалки 950°C).

На рис. 2 нанесены эти же величины вместе с релаксационной коэрцитивной силой в зависимости от температуры отпуска. Нормальная температура отпуска для контролируемых изделий (630°C) находится в области однозначного изменения коэрцитивной силы. В отличие от кривой $H_c(T_{отп})$ кривая $H_r(T_{отп})$ не имеет слабо выраженного максимума и наиболее точно повторяет ход кривой $HRC(T_{отп})$. Однако при измерении H_r по внешнему полю нужно учитывать, что она существенно зависит от размагничивающего фактора изделий. На рис. 3 приведены кривые $H_r(T_{отп})$ для заготовок с разным коэффициентом размагничивания. Первая кривая снята на заготовках длиной 100 мм с отношением длины к диаметру $l/d \approx 6,7$. Вторая кривая получена после того, как от цилиндра было отрезано по 10 мм. В этом случае $l/d = 6,0$. Значения H_r этих двух кривых отличаются друг от друга на 15–20% во всем интервале температур отпуска.

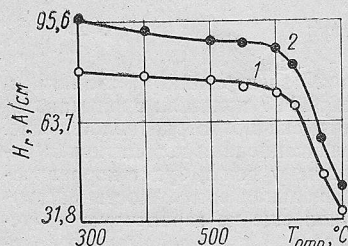


Рис. 3. К влиянию размагничивающего фактора на релаксационную коэрцитивную силу H_r :

1 — $l/d \approx 6,7$; 2 — $l/d = 6,0$.

Исходя из результатов, видим, что для исследованных заготовок, длина которых изменялась от 100 до 105 мм, контроль качества закалки и отпуска связан со значительными дополнительными погрешностями.

Чтобы осуществить неразрушающий контроль твердости заготовок крепежа из стали 25Х1МФ с помощью коэрцитиметра КИФМ-1, следовало определить влияние черновой поверхности изделий на показания коэрцитиметра. Размагничивающий ток определялся на заготовках по 10 раз, причем их положение на полюсах приставного электромагнита менялось случайным образом. Для сравнения такая же серия измерений была проведена коэрцитиметром с внутренней отрицательной обратной связью. При этом относительная погрешность КИФМ-1, взятая как среднее по всем заготов-

кам, составила 1,4%, что ниже погрешности построения корреляционных кривых коэрцитивная сила — твердость. Последнее подтверждается качественным совпадением кривых $I_p(T_{\text{зак}})$ и $H_c(T_{\text{зак}})$ на рис. 1, а также $I_p(T_{\text{отп}})$ и $H_c(T_{\text{отп}})$ на рис. 2.

Соответствующая погрешность коэрцитиметра с внутренней отрицательной обратной связью составила 4,8%, причем отдельные показания этого прибора для разных температур отпуска перекрывались. Большая чувствительность коэрцитиметра с внутренней отрицательной обратной связью к шероховатостям поверхности (к зазору) объясняется тем, что его измерительный сигнал формируется переменным электромагнитным потоком в магнитной цепи: сердечник П-образного электромагнита — контролируемое изделие. Известно, что переменный электромагнитный поток более чувствителен к зазору, чем постоянный, формирующий показания коэрцитиметра КИФМ-1.

Таким образом, неразрушающий контроль твердости крепежа из стали 25Х1МФ по измерениям H_c или H_r принципиально возможен, однако для реальных изделий, размеры которых могут меняться, H_c в качестве параметра контроля предпочтительнее, поскольку ее измерение не связано с дополнительными ошибками, обусловленными варьированием размагничивающего фактора. Погрешность коэрцитиметра КИФМ-1, связанная с черновой поверхностью заготовок, значительно меньше, чем соответствующая погрешность коэрцитиметра с внутренней отрицательной обратной связью. Это позволяет рекомендовать его для контроля твердости заготовок крепежа в производственных условиях.

Институт физики металлов
УНЦ АН СССР

Поступило в редакцию
в окончательном варианте —
29 июня 1981 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев М. Н., Горкунов Э. С., Дунаев Ф. Н. Неразрушающий магнитный контроль закаленных и отпущенных изделий из низколегированных конструкционных и простых углеродистых сталей. — Дефектоскопия, 1977, № 6, с. 7—13.
2. Бида Г. В., Михеев М. Н., Неизвестнов Б. М. Прибор для контроля качества термической и химико-термической обработки стальных и чугунных изделий по кажущейся остаточной намагниченности. — Дефектоскопия, 1973, № 6, с. 103—104.
3. Бида Г. В. Расчет коэрцитиметра с внутренней отрицательной обратной связью. — Дефектоскопия, 1974, № 5, с. 114—121.

УДК 620.179.14

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭРЦИТИМЕТРА КФ-1 С ПРИСТАВКОЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ТЕРМООБРАБОТКИ

В. В. Буканов, А. В. Маринин, В. Д. Дмитриев,
О. П. Грачева, В. Н. Пирожников

Разработанный в Институте физики металлов УНЦ АН СССР феррозондовый коэрцитиметр КФ-1 [1] в настоящее время широко применяется для контроля качества термической обработки изделий в различных отраслях промышленности. Прибор обеспечивает достаточно стабильные показания в широком диапазоне температур и удовлетворительный доступ к контролируемым изделиям.

По нашему мнению, потенциальные возможности прибора далеко не исчерпаны. На Кулебакском металлургическом заводе имени С. М. Кирова (КМЗК) коэрцитиметр КФ-1 успешно внедрен для контроля твердости башмаков трактора Т-100М [2]. Однако в процессе эксплуатации выявлены существенные недостатки:

- индикаторная цепь коэрцитиметра позволяет вести контроль только по показаниям коэрцитиметра, кроме случая использования рода работы «по среднему току»;
- не исключается ручной труд при передаче башмака на стационарный рабочий стол;
- многократное включение тумблера измерение может вывести из строя реле;
- недостаточно высокий уровень производительности труда.

С целью устранения указанных недостатков на КМЗК разработана и успешно опробована электронная схема приставки (рис. 1) к коэрцитиметру КФ-1 с дистанционным его включением, позволяющая определять качество изделий в потоке, а также крупногабаритных деталей по звуковой или световой сигнализации. С использованием такой конструкции измерение относительной коэрцитивной силы и разбраковку изделий может осуществлять один человек на большом расстоянии от прибора.

В этой схеме индикаторная цепь прибора дополнена двумя блоками Б-1 (рис. 2) фиксации измерения, которые работают с индикаторной схемой феррозонд—симметричное нелинейное электрическое сопротивление (СНЭС) — измерительный прибор. Индикаторная цепь коэрцитиметра КФ-1, состоящая из СНЭС и измерительного прибора с нулем в середине шкалы, успешно применяется на практике [3]. Однако такая схема