

Магнитные и электромагнитные методы

УДК 620.179.14

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ ТВЕРДОСТИ И СТРУКТУРЫ СТАЛИ ХВГ В ОТОЖЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

И. А. Кузнецов, Т. П. Царькова

Описана внедренная методика контроля твердости и структуры стали ХВГ в отожженном состоянии коэрцитиметром с приставным электромагнитом. Приведены коэффициенты перебраковки при нескольких значениях граничного размагничивающего тока.

Физические свойства заэвтектоидных хромистых сталей после закалки и отпуска в значительной степени определяются исходной структурой [1, 2]. Структура заготовок стали ХВГ, приемлемая как для механической обработки, так и для последующей качественной закалки, должна соответствовать структуре зернистого перлита; карбидная неоднородность и карбидная сетка не должны превышать трех баллов (ГОСТ 5950—73); твердость по Бринеллю 241 ед. и менее (диаметр отпечатка при шарике диаметром 10 мм, нагрузке 3000 кгс составляет 3,9 мм и более).

В качестве параметра неразрушающего контроля нами выбрана коэрцитивная сила как одна из наиболее структурочувствительных магнитных характеристик. Коэрцитивную силу (размагничивающий ток I_p) заготовок стали ХВГ измеряли феррозондовым коэрцитиметром [3]. Полюсы приставного электромагнита имели размеры 20×40 мм. Для размагничивания использовали только третью часть витков намагничивающей обмотки, приближенной к контролируемому изделию, что несколько уменьшает влияние непостоянства зазора между изделием и полюсами электромагнита на показания коэрцитиметра [4].

Исследовали заготовки из прутков диаметром 90 мм различных плавок, химический состав которых колебался в пределах: 1,03—0,94% по углероду, 0,31—0,20% по кремнию, 1,13—0,90% по марганцу, 1,12—0,90% по хрому. В производственных условиях были измерены коэрцитиметром 607 заготовок стали ХВГ в отожженном состоянии и сопоставлены показания коэрцитиметра со значениями твердости.

Накопленные экспериментальные данные приведены на рисунке в виде корреляционного поля, характер расположения точек на котором не противоречит предположению о линейной зависимости между исследуемыми переменными.

Нормальность распределения случайной величины проверяли внутри каждого отдельного интервала $\Delta_i(x)$. При этом пользовались критерием согласия χ^2 в соответствии с существующим ГОСТ 11.006—74. Гипотеза о нормальности распределения принята при уровне значимости $\alpha=0,1$.

Методом наименьших квадратов вычисляли коэффициенты уравнения регрессии: $y=378-62x$, где y — показание коэрцитиметра I_p , мА; x — диаметр отпечатка $d_{\text{отп}}$, мм. Коэффициент корреляции r и дисперсию S^2 , характеризующую разброс экспериментальных данных около линии регрессии, находили по формулам:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \sqrt{n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}};$$

$$S^2 = \frac{n-1}{n-2} S_y^2 (1-r),$$

$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$; $n=607$. Для рассмотренного распределения $r=-0,7$; $S^2=6$.

На основании полученных экспериментальных данных и характеристик изучаемого распределения устанавливали одностороннюю доверительную границу для индивидуальных значений размаг-

ничивающего тока $\hat{Y}_1(x, d)$, которая для любого значения диаметра $d_{\text{отп}}$ обеспечивает при неограниченном числе измерений получение значений I_p , расположенных ниже этой границы с некоторой, заранее заданной, доверительной вероятностью $(1-\alpha)$ [5, 6]. В этом случае величина $100(1-\alpha)$ характеризует процент точек, лежащих ниже данной доверительной границы при любых x .

Доверительную границу рассчитывали по формуле

$$\hat{Y}_1(x, \alpha) = \hat{Y}(x) + \lambda_\alpha, \quad (1)$$

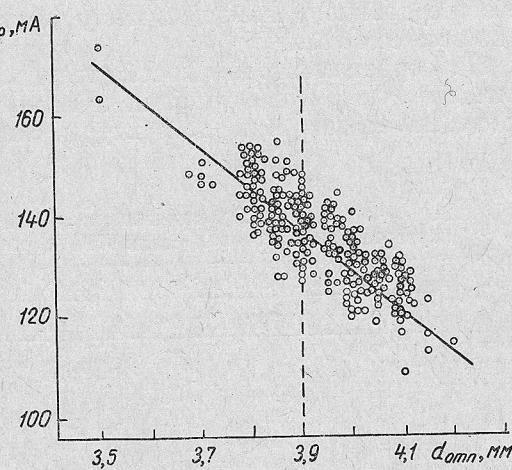
где $\hat{Y}(x)$ — уравнение регрессионной прямой;

$$\lambda_\alpha = t_\alpha S \sqrt{1 + \frac{c_1^2(x)}{n}}; \quad c_1^2(x) = 1 + \frac{|x - \bar{x}(n)|^2}{S_x^2};$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2;$$

t_α — процентная точка t -распределения с $n-2$ степенями свободы.

Так как годными по техническим условиям считаются заготовки стали ХВГ с диаметром отпечатка 3,9 мм и более, задаваясь величиной α , получаем значение $\hat{Y}_1(3,9; \alpha) = I_p^{\max}$ и процесс контроля заготовок сводится к следующему. Заготовки, имеющие значения размагничивающего тока $I_p \leq I_p^{\max}$, считаются годными, а при $I_p > I_p^{\max}$ — твердыми. Величина 100α указывает процент деталей с нормальной твердостью ($d_{\text{отп}}=3,9$ мм), попадающих в брак как твердые.



Зависимость размагничивающего тока коэффициента от твердости и линия регрессии.

Из данных табл. 2 видно, что для заготовок с фиксированной твердостью и завышенными относительно среднего значениями размагничивающего тока характерно наличие в структуре несколько большей карбидной неоднородности по сравнению с заготовками на нижнем пределе I_p . Колебания химического состава (в пределах марки) заметно не сказываются на показаниях коэрцитиметра.

В результате анализа значений коэффициентов перебраковки, приведенных в табл. 1, была рекомендована следующая методика контроля твердости заготовок стали ХВГ при помощи коэрцитиметра. Заготовки с $I_p > 141$ мА — брак, с $I_p < 135$ мА — годные. Заготовки с $135 \leq I_p \leq 141$ мА целесообразно дополнительно контролировать по измерениям твердости твердомерами типа ТШ. Выбор верхней границы в показаниях коэрцитиметра 141 мА гарантирует попадание в брак не более 7% деталей с нормальной твердостью $d_{отп} = 3,9$ мм, при этом, как правило, такие заготовки имеют повышенный балл карбидной неоднородности или карбидной сетки. При нижней границе 135 мА обеспечивается попадание в годные с твердостью $d_{отп} = 3,8$ и 3,75 мм не более 10 и 3% заготовок соответственно.

Разработанная методика и устройства прошли ведомственную метрологическую поверку и внедрены в Свердловском производственном объединении «Пневмостроймашина».

Внедрение в производство контроля качества отжига прутков при помощи коэрцитиметра позволило сократить в 5—8 раз время контроля и повысить его качество по сравнению с контролем по измерениям твердомерами типа ТШ.

Уральский госуниверситет
им. А. М. Горького

Поступила в редакцию
17 мая 1978 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецов И. А., Михеев М. Н. Труды ИФМ АН СССР, вып. 21, Свердловск, 1959, с. 228.
2. Кузнецов И. А., Михеев М. Н., Заслонова Н. М. Сб. Физика магнитных явлений, Свердловск, Уральский госуниверситет, 1964, с. 154.
3. Михеев М. Н., Неизвестнов Б. М., Морозова В. М., Сурин Г. В. Дефектоскопия, 1969, № 2, с. 131.
4. Фридман Л. А., Францевич В. М., Табачник В. П. Дефектоскопия, 1967, № 1, с. 71.
5. Айвазян С. А. Статистическое исследование зависимостей. М., «Металлургия», 1968.
6. Лукомский Я. И. Теория корреляции и ее применение к анализу производства. М., Гостехиздат, 1961.

УДК 620.179.14

МЕТОД И УСТАНОВКА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СПЛОШНОСТИ ТОНКОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТРУБАХ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПОТОКЕ

В. М. Рябов, Н. Л. Горелик, З. Ф. Ронис,
В. В. Соколов, А. Д. Клюшин

Выбран и обоснован метод контроля сплошности покрытий труб с заводской изоляцией на основе эпоксидных красок. Показаны особенности выбора величины