

МАГНИТНЫЙ КОНТРОЛЬ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРУПНОСОРТОВОГО ПРОКАТА

Э. В. Аронсон, Г. В. Бида, В. М. Камардин, М. Н. Михеев

В последние годы неразрушающие методы все шире используются для контроля механических свойств проката из малоуглеродистых и низколегированных сталей в горячекатаном или нормализованном состоянии [1—6]. Техническими условиями на многие виды прокатной продукции разрешено определение предела прочности σ_b , предела текучести σ_t , относительного удлинения δ_5 и сужения ψ с помощью коэрцитиметров с приставными электромагнитами [7, 8]. В настоящей работе представлены результаты использования коэрцитиметра КИФМ-1 для неразрушающего контроля механических свойств балок 60, 55, 45, Z310, 19, вагонной стойки, а также швеллера 20 из стали 09Г2 (ГОСТ 19281—73) и швеллера 20 из сталей Зсп и Зсп (ГОСТ 380—71) на Нижне-Тагильском металлургическом комбинате.

После набора соответствующего статистического материала для каждого из перечисленных видов продукции методом математической статистики [9] определяли уравнения регрессии типа

$$Y = AX + B, \quad (1)$$

где Y — механическая характеристика; X — показание коэрцитиметра для этой же единицы контроля, коэффициент корреляции r и надежность связей. Последнюю находили как частное (t_r/t_{α}) критерия значимости $t_r = r/S_r$ и коэффициента Стьюдента t_{α} , определяемого из таблиц при доверительной вероятности 0,95 и числе степеней свободы $a = N - 1$. Здесь $S_r = (1 - r^2)/\sqrt{N}$; N — объем выборки. Связь считается надежной, если упомянутое отношение по абсолютной величине больше единицы. Результаты вычислений приведены в таблице.

Из таблицы видно, что между прочностными характеристиками σ_t , σ_b , с одной стороны, и показаниями коэрцитиметра i_p , с другой, существует надежная корреляционная связь. Что же касается относительного удлинения, то коэффициенты корреляции здесь низкие. Неразрушающий контроль механических свойств проката с помощью коэрцитиметра возможен лишь при условии, что минимальные расчетные значения механических характеристик \bar{Y} , полученные путем подстановки предельных значений показаний коэрцитиметра $\bar{X} \pm 2\sigma_x$ в уравнения регрессии ($\bar{X} - 2\sigma_x$ — для σ_t и σ_b , $\bar{X} + 2\sigma_x$ — для δ_5), не ниже минимальных фактических значений $\bar{Y} - 2\sigma_y$ этих же характеристик, особенно для δ_5 . Здесь \bar{X} , \bar{Y} , σ_x , σ_y — средние значения и средние квадратичные отклонения от средних значений для показаний коэрцитиметра и механических характеристик.

Из таблицы видно, что для исследуемых видов проката упомянутое условие выполняется. Распределения значений характеристик близки к нормальному закону: асимметрии распределений не выходят за пределы 0,3 для прочностных характеристик и 0,5 для относительного удлинения; эксцессы для σ_b и σ_t не выходят за пределы $\pm 0,6$; для δ_5 — не ниже —0,7. Это позволяет с надежностью 0,95 установить границы доверительного интервала по показаниям коэрцитиметра, используя уравнения регрессии.

С этой целью находили величину размагничивающего тока, соответствующую точке пересечения линии, смещенной в сторону уменьшения абсолютного значения данной характеристики от линии регрессии на величину $2S_n$ ($Y = AX + B - 2S_n$), с линией, параллельной оси размагничивающего тока и проходящей через точку, равную значению браковочного минимума для механических характеристик ($Y = Y_{б.м.}$). Иначе говоря, в уравнение $X = (Y - B + 2S_n)/A$ подставляли вместо Y значение $Y_{б.м.}$ по ГОСТу. Среднее квадратичное отклонение значений механических характеристик от линий регрессии S_n находили по формуле

$$S_n = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (Y_i - \tilde{Y}_i)^2, \quad (2)$$

где \tilde{Y} — значение механической характеристики, вычисленное по формуле (1).

Границы доверительного интервала по размагничивающему току определяли следующим образом: верхнюю — по браковочному минимуму для δ_5 , нижнюю — по σ_b . При определении нижней доверительной границы размагничивающего тока по $Y_{б.м.}$ для σ_t имеется вероятность перебраковки проката по σ_b . Весь сортопрокат, выходящий по

Вид изделия	<i>N</i> , шт.	<i>Y</i>	Уравн. регрессии			<i>r</i>	<i>t_r/t_α</i>	<i>S_n</i>	\bar{Y}	σ_Y	$\bar{Y} - 2\sigma_Y$	$\bar{Y} + 2\sigma_Y$	ДИ по <i>i_p</i> , мА
			σ_T	σ_B	δ_5								
Балка 60 (09Г2)	159	$Y = 0,166X + 27,0$ $Y = 0,170X + 39,9$ $Y = -0,083X + 34,6$	0,49 0,46 -0,20	4,0 3,7 -1,7	1,68 1,91 2,53	37,16 50,22 29,55	1,94 2,15 2,57	33,78 45,92 24,41	34,2 46,4 25,2	54,5—109,5			
Балка 55 (09Г2)	188	$Y = 0,14X + 28,5$ $Y = 0,22X + 35,4$ $Y = -0,015 + 31,9$	0,53 0,68 -0,20	5,4 8,9 -1,5	1,57 1,75 3,01	37,15 48,94 30,98	1,48 1,79 3,10	34,19 45,36 24,78	35,4 46,6 25,7	60,0—323,0			
Балка 45 (09Г2)	189	$Y = 0,12X + 29,8$ $Y = 0,147X + 40,4$ $Y = -0,065X + 34,1$	0,42 0,46 -0,20	3,6 4,1 -1,5	1,53 1,70 2,00	37,75 49,87 29,87	1,67 1,83 1,98	34,41 46,31 25,91	35,2 47,4 26,2	56,0—142,5			
Балка Z-310 (09Г2)	111	$Y = 0,157X + 28,1$ $Y = 0,196X + 37,9$ $Y = -0,066X + 34,9$	0,51 0,55 -0,15	3,7 4,3 -1,1	1,54 1,77 2,66	37,72 50,00 30,86	1,76 2,05 2,59	34,20 45,90 25,08	35,7 47,1 26,0	56,5—133,5			
Балка 19 (09Г2)	194	$Y = 0,12X + 29,6$ $Y = 0,21X + 33,7$ $Y = -0,07X + 36,4$	0,55 0,65 -0,36	5,6 8,1 -2,9	1,53 2,01 2,63	38,74 49,82 31,01	1,83 2,70 2,69	35,08 44,42 25,63	36,3 45,2 26,6	79,0—143,5			
Вагонная стойка (09Г2)	100	$Y = 0,083X + 31,3$ $Y = 0,12X + 41,9$ $Y = -0,025X + 31,1$	0,35 0,49 -0,19	2,0 6,4 -1,0	1,95 1,90 2,80	36,86 49,80 29,47	1,92 2,00 2,55	33,02 45,80 24,37	34,2 46,7 25,3	59,0—204,0			
Швейлер 20 (Ст. 3сп)	188	$Y = 0,133X + 29,5$ $Y = 0,16X + 38,7$ $Y = -0,053X + 34,8$	0,36 0,42 -0,14	2,9 4,1 -1,1	2,66 2,69 3,04	39,85 51,20 30,59	2,85 2,97 3,07	34,15 45,26 24,45	35,2 46,4 24,9	76,0—146,0			
Швейлер 20 (Ст. 3сп)	182	$Y = 0,28X + 17,7$ $Y = 0,31X + 27,3$ $Y = -0,047X + 34,9$	0,72 0,70 -0,21	10,5 9,7 -1,5	2,01 2,43 3,49	34,50 44,50 32,20	2,45 2,70 3,70	29,60 39,10 27,80	30,6 40,4 28,2	51,5—66,0			
Швейлер 20 (Ст. 3сп)	180	$Y = 0,179X + 22,3$ $Y = 0,33X + 25,2$ $Y = -0,18X + 43,3$	0,38 0,53 -0,22	3,1 5,1 -1,6	2,03 2,45 2,70	33,20 43,50 33,30	2,20 2,70 3,01	28,80 38,10 27,28	29,6 39,0 29,5	52,0—65,5			

показаниям коэрцитиметра за пределы доверительного интервала, следует испытать существующим прямым методом.

Таким образом, приведенные уравнения регрессии в пределах доверительного интервала по i_p позволяют с надежностью 0,95 проводить контроль крупносортового проката неразрушающим магнитным методом.

Институт физики металлов
УНЦ АН СССР

Поступило в редакцию
27 апреля 1976 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев М. Н., Якутович М. В. Сталь, 1945, № 2, 91.
2. Кохман Л. В., Михеев М. Н. Дефектоскопия, 1969, № 5, 91.
3. Заугольников Д. А., Айсин Р. Г., Пратусевич А. Е. Сталь, 1974, № 2, 168.
4. Григорян Г. В., Мулько Г. Н. Дефектоскопия, 1976, № 1, 77.
5. Аронсон Э. В., Бида Г. В., Камардин В. М., Михеев М. Н., Понер Д. М. Дефектоскопия (см. наст. вып., стр. 121).
6. Аронсон Э. В., Бида Г. В., Камардин В. М., Михеев М. Н. Магнитные методы контроля и структурного анализа, Свердловское областное правление НТО Приборпром, Свердловский Дом техники, ИФМ УНЦ АН СССР, 1976, стр. 15.
7. Михеев М. Н., Неизвестнов Б. М., Морозова М. Н., Сурин Г. В. Дефектоскопия, 1969, № 2, 131.
8. Бида Г. В., Михеев М. Н. Дефектоскопия, 1976, № 5, 121.
9. Дунин-Барковский И. В., Смирнов Н. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике, М., ГИТЛ, 1965.

УДК 620.179.14

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ПРИБОР ПИНТ-3

Н. Н. Зацепин, И. И. Малько, В. В. Перфильев, В. А. Калошин, В. Ф. Силок

Прибор ПИНТ-3 предназначен для измерения толщины хрома, нанесенного на детали из немагнитных материалов (например, сплав БрХ08, алюминиевые сплавы). Принцип его работы основан на возбуждении вихревых токов в изделии периодическим импульсным полем прямоугольной формы и регистрации э.д.с. вторичных полей. В измерительную схему входят блок возбуждения, блок обработки сигнала, стрелочный индикатор и датчик. Блок возбуждения состоит из задающего генератора, формирователя прямоугольных импульсов и усилителя, нагрузкой которого служит датчик. Блок обработки сигнала собран из усилителя, делительного устройства, пикового детектора, схемы сравнения и каскада опорного напряжения. Датчик прибора накладного типа позволяет проводить измерения на площади 1,1 мм². Краевой эффект оказывается на расстоянии порядка 2 мм.

В приборе применена электронная стабилизация напряжения питания; измерительная схема выполнена на интегральных микросхемах и полупроводниковых элементах. Прибор портативный, переносной, снабжен двумя типами датчиков: 1) датчик в цилиндрическом корпусе с трехточечной опорой, обеспечивающий постоянное давление датчика на контролируемую поверхность, для измерения покрытий на плоских поверхностях; 2) датчик карандашного типа для измерения покрытий на деталях небольших размеров и сложной конфигурации.

Техническая характеристика прибора

Диапазон измерений, мкм	0—300
Поддиапазоны, мкм:	
I	0—200
II	100—300
Погрешность измерений, %	8
Питание	от сети 220 В, 50 Гц или автономное от батареи 9 В
Габаритные размеры, мм	58×97×165
Вес, кг	0,7