

УДК 620.179.14  
МЕТОДИКА ВЫБОРА РЕЖИМА ИМПУЛЬСНОГО НАМАГНИЧИВАНИЯ  
ИЗДЕЛИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ИЗ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ  
УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

В. Ф. МАТЮК., З. М. КОРОТКЕВИЧ  
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»  
Минск, Беларусь

В магнитной структуроскопии режим намагничивания, в большинстве случаев, должен обеспечивать доведение материала изделия до состояния технического насыщения. При контроле изделий конечных размеров в разомкнутой магнитной цепи требуемая напряженность намагничивающего поля существенно зависит от формы и размеров изделия, а при использовании импульсного режима – от длительности импульсов.

В настоящей работе приводятся результаты исследований по установлению условий технического магнитного насыщения материала изделий цилиндрической формы из инструментальных углеродистых сталей в разомкнутой магнитной цепи при импульсном режиме намагничивания.

Считается, что для достижения материалом состояния, близкого к техническому магнитного насыщению, величина внешнего магнитного поля должна превышать значение коэрцитивной силы  $H_c$  намагничиваемого материала в 5–10 раз. Так как на глубине  $z$  импульсное магнитное поле в материале ослабляется в  $e^{z/\Delta}$  раз, то для его магнитного насыщения на этой глубине амплитуда  $H_m$  импульсов внешнего магнитного поля должна быть не менее, чем [1]

$$H_m = 10H_c e^{\frac{z}{\Delta}} = 10H_c e^{z \left( \frac{\mu_m \mu_0 \pi}{2\rho\tau} \right)^{1/2}}, \quad (1)$$

где  $\Delta$  – величина скин-слоя;  $\mu_0$  – магнитная постоянная;  $\mu_m$  и  $\rho$  – соответственно максимальная магнитная проницаемость и удельное электрическое сопротивление материала;  $\tau$  – длительность импульса.

При намагничивании изделия в разомкнутой магнитной цепи его магнитное состояние определяется напряженностью внутреннего магнитного поля

$$H_{\text{вн}} = H_{\text{вн}} - N \cdot M, \quad (2)$$

где  $H_{\text{вн}}$  – напряженность внешнего магнитного поля;  $N$  – коэффициент размагничивания [2];  $M$  – намагниченность, соответствующая напряженности внутреннего магнитного поля (в состоянии технического насыщения  $M \rightarrow M_s$  – намагниченности насыщения).

Тогда для доведения материала цилиндрического стержня с относительной длиной  $\lambda$  на глубине  $z$  до состояния технического насыщения, амплитуда  $H_m$  внешнего магнитного поля должна быть не менее, чем

$$H_m = 10H_c e^{z \left( \frac{\mu_m \mu_0 \pi}{2\rho\tau} \right)^{1/2}} + M_m \left\{ \frac{0,825(1+1,7/\lambda)^{-1}/\lambda}{(1+1/(2\lambda))\sqrt{1+\lambda^2}} \left[ \frac{\sqrt{1+\lambda^2}}{\lambda} \ln(\lambda + \sqrt{1+\lambda^2}) - 1 \right] + \right. \\ \left. + \frac{0,175(1+1,7/\lambda)^{-1}}{\lambda^2(1+1/(2\lambda))} \left[ \frac{3+\lambda^2}{\lambda\sqrt{1+\lambda^2}} - \frac{3}{\lambda^2} \ln(\lambda + \sqrt{1+\lambda^2}) \right] + \left( 1 - \frac{1}{1+1,7/\lambda} \right) \left[ 1 - \frac{1}{\sqrt{1+1/\lambda^2}} \right] \right\} \quad (3)$$

Выражение (3) позволяет, для выбранной длительности импульса и заданных относительных размерах цилиндрического стержня с известными свойствами, определить амплитуду импульса магнитного поля, при которой достигается их техническое насыщение на требуемой глубине.

С использованием выражения (3), для изделий цилиндрической формы из инструментальных углеродистых сталей, установлена неоднозначная зависимость длительности импульсов, при которой на заданной глубине в инструментальных углеродистых сталях наблюдается ослабление магнитного поля в  $e$  раз, от температуры отпуска.

Показано, что длительность импульсов следует выбирать из условия доведения до технического насыщения более мягкого в магнитном отношении материала: при контроле качества проведенной закалки – незакаленного материала, а при контроле качества проведенного отпуска – материала, отпущенного при максимально возможной температуре.

Установлено, что для длительности импульса, при которой глубина промагничивания материала превышает радиус стержня, требуемая для его магнитного насыщения амплитуда внешнего магнитного поля практически не зависит от длительности импульса и от температуры, от которой проводилась закалка, а определяется только величиной относительной длины стержня.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ландау, Л. Д. Электродинамика сплошных сред / Л. Д. Ландау, Е. М. Лившиц. – М. : Наука, 1982. – 624 с.
2. Матюк, В. Ф. Центральный коэффициент размагничивания цилиндров / В. Ф. Матюк, А. А. Осипов // Доклады НАН Беларуси – 2006. – Т. 50. – № 1. – С. 107–109.

E-mail: matyuk@iaph.bas-net.by