

# Аморфные и нанокристаллические сплавы для измерительных преобразователей

Юрий СТАРОДУБЦЕВ  
Владимир БЕЛОЗЕРОВ  
yunstar@mail.ru

**Использование магнитомягких аморфных и нанокристаллических сплавов, обладающих высокой магнитной проницаемостью, позволяет повысить чувствительность измерительных преобразователей и точность преобразования измеряемых величин.**

Измерительный преобразователь представляет техническое средство с нормативными метрологическими характеристиками, служащее для преобразования измеряемой величины в другую величину или измерительный сигнал, удобный для обработки, хранения, дальнейших преобразований, индикации или передачи. Преобразователь, на который непосредственно воздействует измеряемая физическая величина, является первичным измерительным преобразователем, а конструктивно обособленный первичный преобразователь называют датчиком. Датчик выполняет роль своеобразного «органа чувств», который должен обладать высокой чувствительностью. Повысить чувствительность преобразователей и точность преобразования измеряемых величин позволяет использование магнитомягких материалов, обладающих высокой магнитной проницаемостью.

Сразу необходимо отметить, что магнитная проницаемость ферромагнитных мате-

риалов зависит от напряженности магнитного поля  $H$  (рис. 1). В связи с этим определим основные типы магнитной проницаемости, которые наиболее часто приводят в справочных данных. В международной системе единиц измерения СИ используют относительную магнитную проницаемость:

$$\mu = \frac{B}{\mu_0 H},$$

где  $B$  — магнитная индукция в теслах (Тл),  $H$  — напряженность магнитного поля в амперах на метр (А/м),  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  — магнитная постоянная в генри на метр (Гн/м). При этом относительная магнитная проницаемость характеризует возрастание магнитной индукции с увеличением напряженности магнитного поля. В большинстве случаев величины  $B$  и  $H$  берутся по начальной (статической) кривой намагничивания. В зависимости от значения магнитного поля выделяют различные типы магнитной прони-

цаемости. Начальную относительную магнитную проницаемость  $\mu_n$  находят экстраполяцией зависимости магнитной проницаемости  $\mu = \mu(H)$  к нулю:

$$\mu_n = \frac{1}{\mu_0} \lim_{H \rightarrow 0} \frac{B}{H}.$$

На практике вместо начальной относительной магнитной проницаемости указывают близкое к ней значение относительной магнитной проницаемости, измеренное в достаточно слабом магнитном поле. Например,  $\mu_{0,08}$  обозначает относительную магнитную проницаемость, измеренную при напряженности магнитного поля 0,08 А/м. Наибольшее значение относительной магнитной проницаемости на кривой намагничивания называют максимальной относительной магнитной проницаемостью  $\mu_{\max}$ .

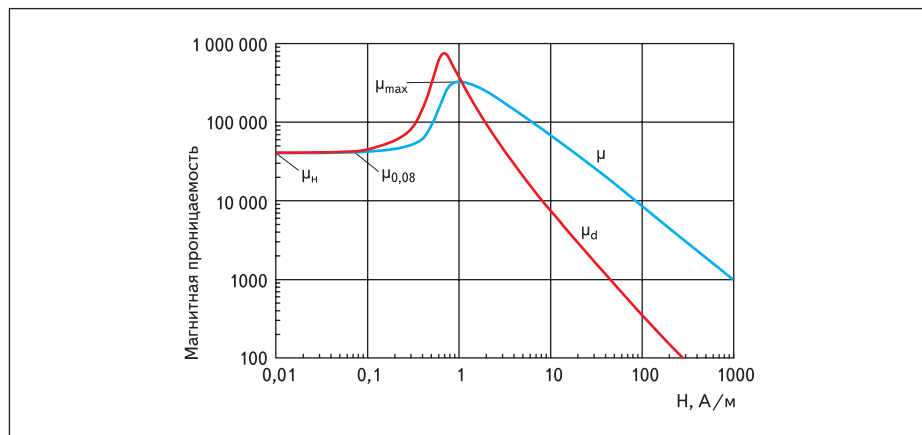
Дифференциальная относительная магнитная проницаемость  $\mu_d$  определяется соотношением:

$$\mu_d = \frac{1}{\mu_0} \frac{dB}{dH},$$

то есть она является производной функции  $B = B(H)$  в некоторой точке  $H$ , нормированной на магнитную постоянную. Производная  $dB/dH$  численно равна тангенсу угла наклона касательной в точке на кривой зависимости  $B = B(H)$ . Из определения следует уравнение:

$$\mu_d = \frac{d(\mu H)}{dH} = \mu + H \frac{d\mu}{dH},$$

которое связывает дифференциальную относительную магнитную проницаемость  $\mu_d$  и относительную магнитную проницаемость  $\mu$ . Последнюю величину иногда называют нормальной относительной магнитной проницаемостью, чтобы подчеркнуть ее отличие от дифференциальной проницаемости. Диффе-



**Рис. 1.** Зависимость нормальной  $\mu$  и дифференциальной  $\mu_d$  относительной магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля  $H$  по начальной кривой намагничивания.  $\mu_n$  — начальная относительная магнитная проницаемость;  $\mu_{\max}$  — максимальная относительная магнитная проницаемость;  $\mu_{0,08}$  — относительная магнитная проницаемость при напряженности магнитного поля  $H = 0,08$  А/м.







