

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В АМОРФНЫХ МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛАХ

*Институт прикладной физики,
ул. Академией, 5, г. Кишинев, МД-2028, Республика Молдова*

В существующей технологии изготовления аморфных материалов возникают большие остаточные напряжения, влияющие на магнитные свойства. Поскольку остаточные напряжения могут определять поле наведенной магнитной анизотропии, а само поле анизотропии может быть измерено методом ферромагнитного резонанса (см. подробнее [1–4]) в данной работе предпринята попытка оценить картину распределения остаточных напряжений методом ферромагнитного резонанса.

Литой аморфный микропровод с маленькой положительной магнитострикцией был получен на экспериментальной установке фирмы “АмоТес Ltd.” со скоростью вытягивания 5 м/с и использованием стеклянной трубки из пирекса. Чтобы избежать спин волновых эффектов (см. подробнее [5]) выбирался микропровод большого радиуса (больше, чем предполагаемая толщина скин-слоя). Толщина стеклянной оболочки варьировалась 2–15 мкм. Для измерения частоты ферромагнитного резонанса применялись стандартные панорамные измерители коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВн) – типов Р2-56, Р2-57, Р2-59, Р2-61, позволяющие проводить измерения в диапазоне частот от 2,59 до 12,05 ГГц. Микропровод помещали посередине торца между первичным и вторичным волноводом (параллельно его узким стенкам) и подмагничивали вдоль оси постоянным магнитным полем H_b (которое измерялось датчиком Холла). На конце вторичного волновода был расположен поглотитель. Частота ферромагнитного резонанса определялась по положению минимума коэффициента отражения на осциллографе КСВн. Аналогично, но без подмагничивания постоянным магнитным полем, определялась в [2, 3] частота естественного ферромагнитного резонанса, которая для наших образцов – 2–3 ГГц. Было получено возрастание величины поля анизотропии от частоты ферромагнитного резонанса более чем на 30%. Поскольку толщина скин-слоя, в котором происходит поглощение энергии СВЧ-поля, уменьшается с ростом частоты, это указывает на концентрацию остаточных напряжений в поверхностном слое аморфного микропровода. Отметим, что поле анизотропии внутреннего магнитного поля образца – H_a находилось из формулы (см. подробнее в [2])

$$(\Omega / \gamma)^2 = (H_a + H_b + 4\pi M)(H_a + H_b),$$

где Ω – частота ферромагнитного резонанса, где $\gamma=2\pi \cdot 2,8$ МГц/Э – гиромагнитное отношение; H_b – поле подмагничивания; M – намагниченность насыщения (в исследуемом материале – 0,8 кЭ).

Выводы

1. При изготовлении аморфных металлов остаточные напряжения металла можно измерять методом ферромагнитного резонанса.
2. В литом аморфном микропроводе напряжения возрастают на поверхности жилы микропровода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов С.А., Бержанский В.Н., Зотов С.К., Кокос В.Л., Ларин В.С., Торкунов А.В. // Ферромагнитный резонанс в аморфных магнитных проводах // ФММ. 1989. Т. 67. В.1. С. 73–78.
2. Баранов С.А., Зотов С.К., Ларин В.С., Торкунов А.В. Особенности естественного ферромагнитного резонанса в аморфном микропроводе // ФММ. 1991. Т.69. В.12. С. 172–173.
3. Баранов С.А., Зотов С.К., Ларин В.С., Торкунов А.В. Структура и свойства аморфного микропровода // Металловедение и термическая обработка металлов. 1992. № 9. С. 26–28.

4. Баранов С.А. Магнитные свойства аморфного микропровода в СВЧ диапазоне // ЖТФ. 1988. Т. 68. № 1. С. 136–137.
5. Ферромагнитный резонанс. (Сборник статей под ред. В.С. Вонсовского). М., 1961.

Поступила 05.09.2000

Summary

The internal stress in amorphous microwire is studied by the ferromagnetic resonance method. The internal stress decreases on a surface metal core.
