

УДК 669.14.018

## Получение новых материалов для изготовления трансформаторов

Губанов Олег Михайлович<sup>(\*)</sup>

gubanov\_oleg81@mail.ru

ПАО АФК «Система», Москва, Россия

**Аннотация.** Произведена оценка вклада напряжений, создаваемых электроизоляционным покрытием анизотропной электротехнической стали, в формировании итоговых магнитных свойств для толщин 0,23 и 0,27 мм. Сделан вывод о потенциале улучшения магнитных свойств готовой стали за счет создания строгих одноосных растягивающих напряжений посредством формирования анизотропного электроизоляционного покрытия. Для электротехнических агрегатов, работающих в слабых полях, перспективным является формирование покрытий без растягивающих напряжений.

**Ключевые слова:** анизотропная электротехническая сталь, электроизоляционное покрытие, растягивающие напряжения, магнитные потери, магнитная индукция

**Введение.** Известно, что с приложением внешних напряжений изменяется магнитное состояние кристалла, данное явление называется обратным магнитострикционным эффектом [1]. В поликристаллических материалах внешнее напряжение приводит к перестройке и упорядочению доменной структуры [2]. На практике данное явление реализуется в основном при формировании электроизоляционного покрытия на анизотропной электротехнической стали [3].

При этом остаются открытыми вопросы определения потенциала изменения магнитных свойств под воздействием приложенных растягивающих напряжений.

**Материалы и методы; результаты.** Для исследований отбирались образцы анизотропной электротехнической стали в толщинах 0,27 и 0,23 мм. Магнитные свойства измерялись на установке BROCKHAUS с приложением растягивающего напряжения к образцам в исходном состоянии и после удаления электроизоляционного покрытия в растворе HCl 30 %.

Анализ результатов показал, что в стали без покрытия удельные магнитные потери  $P_{1,7/50}$  больше, чем в стали с покрытием. Дальнейшее приложение растягивающих напряжений приводит к снижению  $P_{1,7/50}$  до значений менее, чем в стали с покрытием (рис. 1).

Магнитная индукция  $B_{800}$  в стали без покрытия выше, чем в готовой стали. С приложением растягивающих напряжений разница в значениях  $B_{800}$  увеличивается и для 0,23 мм приближается к значениям насыщения, составляя 1,98 Тл (рис. 2).

При напряжениях порядка  $10 \text{ Н/мм}^2$   $P_{1,7/50}$  в стали с покрытием и без него равны, таким образом значение  $10 \text{ Н/мм}^2$  можно принять за результирующее

напряжение, формируемое покрытием для совокупности всех направлений в плоскости листа.

Можно сказать, что изотропность электроизоляционного покрытия уменьшает потенциал снижения магнитных потерь в электротехнической стали. С уменьшением толщины стальной подложки сталь становится более восприимчивой ко внешним растягивающим напряжениям, создаваемым в металле посредством покрытия.

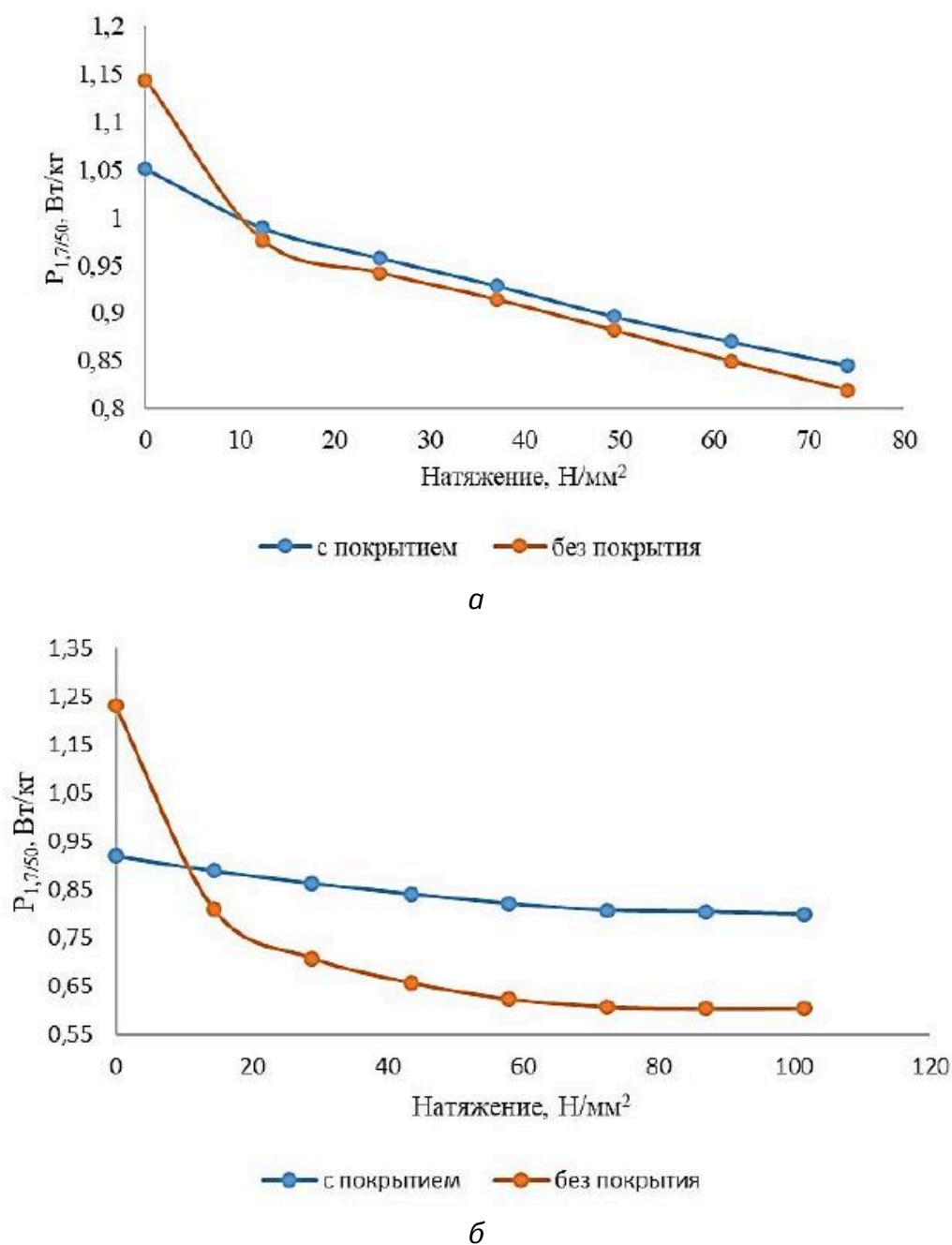


**Рис. 1.** Изменение  $P_{1,7/50}$  с приложением растягивающих напряжений в стали с покрытием и без:  
а — 0,27 мм; б — 0,23 мм

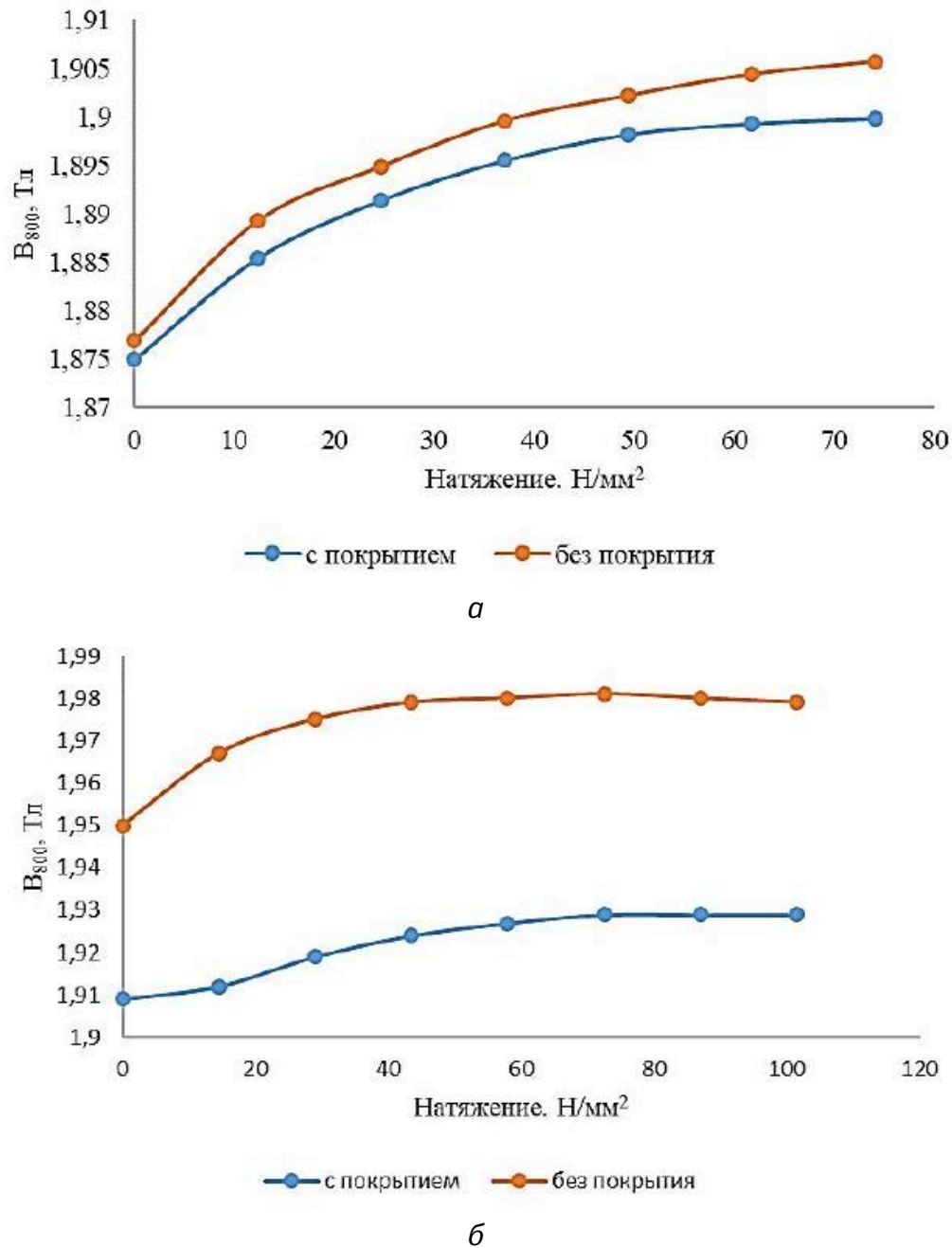


**Рис. 2.** Изменение  $B_{800}$  с приложением растягивающих напряжений в стали с покрытием и без:  
 а — 0,27 мм; б — 0,23 мм

**Закключение.** Показан и оценен негативный вклад растягивающих напряжений в направлениях, отличных от оси легкого намагничивания, для применяемых в настоящее время изотропных покрытий. Потенциалом для улучшения магнитных свойств в трансформаторных сталях является формирование строгих одноосных растягивающих напряжений посредством использования анизотропного электроизоляционного покрытия.

Для электротехнических агрегатов, работающих в слабых полях, в условиях повышенных требований к их размерам и магнитной индукции материала-

ла сердечника, перспективным является формирование покрытий без растягивающих напряжений.

#### **Список источников**

- [1] Зайкова В.А., Старцева И.Е., Филиппов Б.Н. *Доменная структура и магнитные свойства электротехнических сталей*. Москва, Наука, 1992, 271 с.
- [2] Вонсовский С.В. *Магнетизм*. Москва, Наука, 1984, 208 с.
- [3] Каренина Л.С., Корзунин Г.С., Пужевич Р.Б. Влияние фосфатной составляющей электроизоляционного покрытия на магнитные потери в электротехнической анизотропной стали. *Физика металлов и металловедение*, 2011, т. 111, № 1, с. 23–26.