

УДК 621.321

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ С МАГНИТОПРОВОДОМ ИЗ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ

Мангул Д.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Збродыга В.М.

Как известно, в трансформаторе нагрузочные потери являются переменными, потери холостого хода постоянными.

Уменьшить потери в трансформаторах возможно использованием в трансформаторах магнитопроводов из аморфных сплавов.

Аморфные (нанокристаллические) сплавы, представляют собой новый класс металлических материалов с беспорядочной структурой на атомном уровне [2]. Отличительной особенностью таких материалов является то, что они имеют в 3–7 раз меньшие удельные потери при перемагничивании по сравнению с электротехническими сталями.

Исходным материалом для производства магнитопроводов энергоэффективных трансформаторов служит лента, получаемая методом сверхбыстрого (со скоростью порядка 106 К/с) охлаждения струи готового аморфного нано-кристаллического расплава, который выливается на поверхность барабана, вращающегося с большой скоростью, что изображено на рисунке 1 и 2.

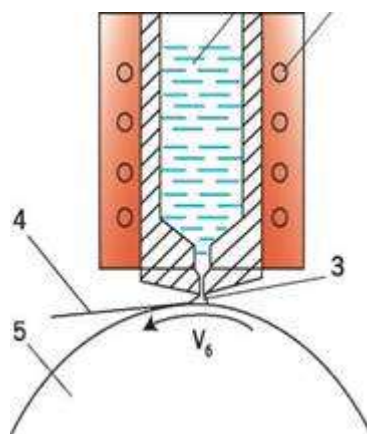


Рисунок 1. Схема поступления аморфного раствора на барабан: 1 – аморфный расплав; 2 – плавильная камера; 3 – лужа расплава; 4 – лента; 5 – охлаждающая поверхность

Получаемую ленту отжигают в среде инертного газа при воздействии магнитного поля напряженностью 800А/м, что позволяет получить значительно меньшую площадь петли гистерезиса, чем у электротехнической стали, рисунок 3, значительно уменьшить потери холостого хода в магнитопроводе трансформатора. Аморфная лента имеет малую толщину (0,024 мм), ее сворачивают в пять слоев в рулон, затем изготавливают витые конструкции магнитопроводов трансформаторов.

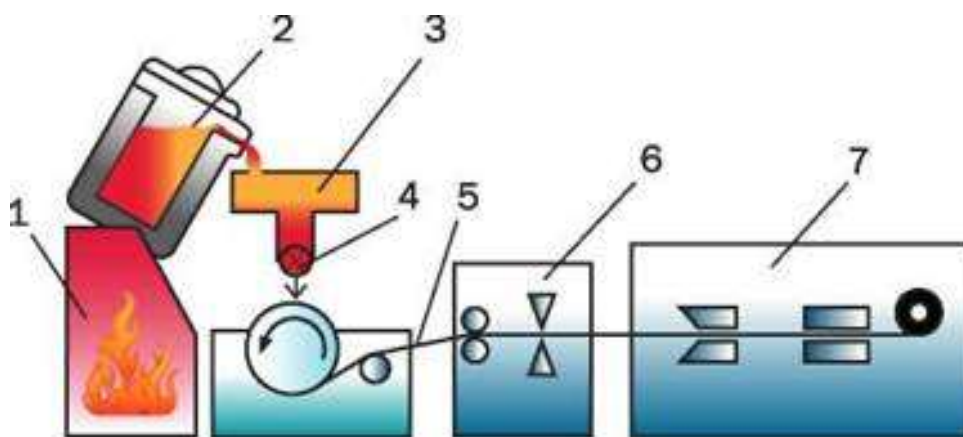


Рисунок 2. Упрощенная схема установки, для изготовления ленты из аморфного расплава:

1 – печь; 2 – аморфный расплав; 3 – резервуар; 4 – дозатор; 5 – лента из аморфного расплава; 6 – устройство непрерывного технологического контроля; 7 – устройство, осуществляющее непрерывное охлаждение ленты

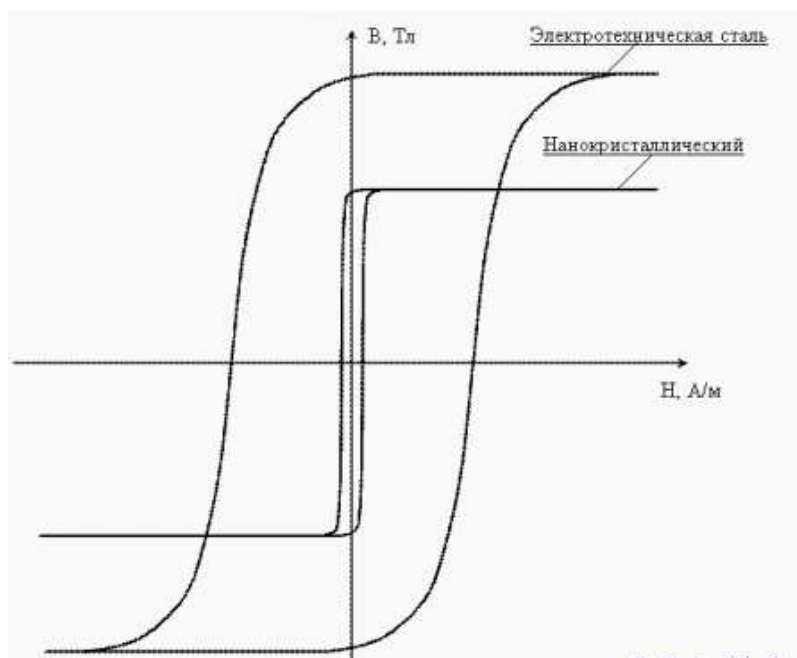


Рисунок 3. Петля гистерезиса для электротехнической стали и аморфного сплава

Электротехническая сталь является холоднокатанной, с ориентированными зернами (кристаллическая), как изображено на рисунке 4, имеет низкое удельное электрическое сопротивление с кристаллической магнитной анизотропией. Аморфный (некристаллический) сплав имеет не регулярную атомную структуру рисунок 5, отсутствие кристаллической магнитной анизотропии, его электрическое сопротивление выше, чем у холоднокатаной электротехнической стали с направленной кристаллической структурой [1].

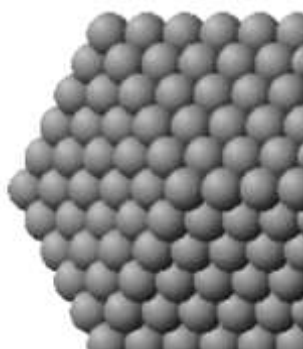


Рисунок 4. Атомную структура электротехнической стали

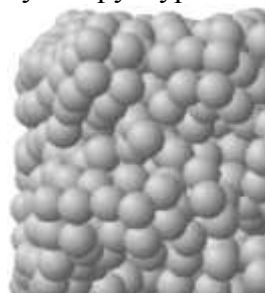


Рисунок 5. Атомную структура аморфного сплава

Потери холостого хода составляют одну треть потерь трансформаторов с сердечником из холоднокатаной электротехнической стали с направленной кристаллической структурой.

В таблице 1 показан сравнительный анализ потерь холостого хода для силовых трансформаторов номинальным напряжением 10 кВ мощностью от 25 до 2500 кВ·А.

Таблица 1 - Потери холостого хода в энергоэффективных и традиционных конструкциях распределительных трансформаторов напряжением 10 кВ

| Мощность трехфазного трансформатора, кВ·А | Потери холостого хода, Вт | |
|---|---|-----------------------------------|
| | магнитопровод из электротехнической стали | магнитопровод из аморфного сплава |
| 25 | 100 | 28 |
| 40 | 140 | 39 |
| 63 | 180 | 50 |
| 100 | 260 | 66 |
| 250 | 520 | 150 |
| 630 | 1000 | 280 |
| 1000 | 1700 | 350 |
| 1600 | 2100 | 490 |
| 2500 | 2700 | 550 |

Использование в магнитопроводах распределительных трансформаторов аморфных сплавов вместо электротехнической стали позволяет сократить потери холостого хода в 4–5 раз. Стоимость трансформаторов выше, но за счет своей экономичности в долгосрочной перспективе их выгоднее применять, чем трансформаторы с магнитопроводом, изготовленным из электротехнической стали.

Не так давно был изготовлен и начал работать крупнейший в Европе трехфазный распределительный трансформатор мощностью 1600 кВ·А с сердечником из аморфного сплава, изображенный на рисунке 6.



Рисунок 6. Трехфазный распределительный трансформатор мощностью 1600 кВ·А с сердечником из аморфного сплава

Изготовление крупногабаритных магнитопроводов энергоэффективных трансформаторов из ленты, получаемой методом сверхбыстрого охлаждения струи готового аморфного расплава, требует создания новой технологии производства магнитопроводов,

Аморфный магнитопровод, изготовленный из аморфной ленты, из-за низкой механической прочности не допускает воздействия на него чрезмерной весовой нагрузки. Поэтому он крепится к обмоткам, расположенным на несущей базе, и требует дополнительных мероприятий по увеличению жесткости конструкции. Отсутствие опыта эксплуатации такой конструкции магнитопровода энергоэффективных трансформаторов, требует дальнейших разработок

Литература

1. Аморфный сплав для энергоэффективного распределительного трансформатора / JASE-W Японские продукты и технологии интеллектуальной энергетики, 2013 г.
2. Масляные энергосберегающие трансформаторы / Кравченко А., Метельский В., – Электрик. – 2013 г., № 5.

3. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы / Вольдек А.И., Попов В.В. – СПб.: Питер, 2008 г.
4. Электроснабжение нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов / Шабанов В.А., Алексеев В.Ю. – Уфа: ООО «Монография», 2010 г.