

А.Ф. Мануленко, Н. Р. Прокопчук, А. В. Евсей, Е. М. Курило // Труды Белорус. Гос. технол. ун-та. Серия 4: Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2008 – Т. 1. – № 4. – С. 79–81.

5. Нгуен Зуи Хынг. Полимерные композиционные материалы, наполненные диоксидом кремния растительного происхождения: диссертация кандидата технических наук: 05.17.06 / Нгуен Зуи Хынг. – ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 2019. – 23 с.

6. Каримов И. А. Изучение комплекса свойств короноэлектретов на основе композиций полиэтилена с аэросилом. / Каримов И. А., Галиханов М. Ф. // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – С. 127–130.

УДК 669.1

Н.И. Мороз, асп.; Н.Г. Валько, канд. физ.-мат. наук, доц.
(ГрГУ им. Янки Купалы, г. Гродно)

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА НА СТРУКТУРУ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

В настоящее время, несмотря на продолжительную историю непрерывного улучшения свойств электротехнических сталей, дальнейшее развитие способов их модификации до сих пор остается интересной сферой промышленных и прикладных научных исследований. Существующие теории формирования текстуры в сталях достаточно спорны [1, 2], поскольку отсутствуют количественные модели процессов, протекающих в материале. Поэтому актуальным является исследование влияния различных воздействий, в частности термической обработки, на структуру и свойства электротехнических сталей, для выявления закономерностей и зависимостей, которые могли бы помочь производителям избежать дорогостоящих испытаний в производственных условиях для оптимизации технологии и получения необходимых результатов [3].

В работе представлены результаты исследования влияния термической обработки на структуру и свойства электротехнической стали, используемой при изготовлении сердечников трансформаторов тока.

Объектами исследования служили образцы электротехнической стали марки 27JGSD090.

Целью работы было изучение влияния термической обработки в интервале температур от 25 °С до 800°С без последующей закалки на структуру и свойства электротехнической стали, применяемой при

производстве сердечников трансформаторов тока.

Для исследования структуры и свойств использовались образцы электротехнической стали марки 27JGSD090, толщиной 0,23 мм, размером 20 x 30 мм. Термическая обработка производилась в электрической печи SNOL, снабженной микроконтроллером omron E5CC. Скорость нагрева в печи составляет 10 °С/ч.

Термическая обработка в печи происходила следующим образом, образцы электротехнической стали помещали в печь, имеющую постоянную заданную температуру: 25 °С, 200 °С, 400 °С, 600 °С. Образцы нагревались до заданной температуры и выдерживались в печи при заданной температуре в течение 20 мин.

Общая продолжительность нагрева, т. е. общее время $t_{\text{общ}}$ пребывания образцов в нагревающей среде, состояло из времени $t_{\text{н}}$ нагрева до заданной температуры и времени $t_{\text{в}}$ выдержки при этой температуре:

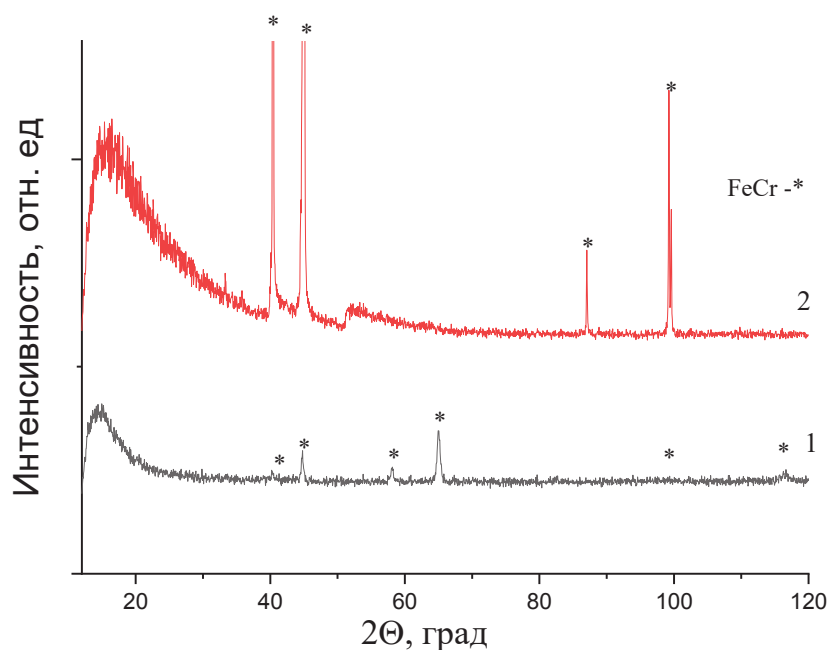
$$t_{\text{общ}} = t_{\text{н}} + t_{\text{в}}$$

Охлаждение образцов проходило на воздухе при температуре воздуха 25 °С.

Для оценки влияния термической обработки на структуру электротехнических сталей методом рентгеноструктурного анализа были проведены экспериментальные исследования фазового состава, степени аморфности и размеров областей когерентного рассеяния до и после термической обработки. Исследования проводились на дифрактометре ДРОН 3М в $\text{CuK}\alpha$ излучении. На дифрактограммах видно, что после термической обработки положение основных рефлексов не изменилось, что указывает на то, что термическая обработка в заданном интервале температур от 25°С до 800°С не приводит к изменению структурно- фазового состояния.

Однако, стоит отметить, что интенсивность рефлексов значительно выросла, а сами рефлексы стали значительно уже, что свидетельствует об уменьшении плотности дислокаций в сталях марки 27JGSD090 вследствие термической обработки. Сравнивая участки дифрактограмм до и после термической обработки видно перераспределение интенсивностей рефлексов стали. Так преимущественная ориентация образцов до термической обработки вдоль кристаллографического направления (111), а после воздействия – (100). Изменение преимущественно ориентации стали вследствие термической обработки может привести к возможному изменению магнитных и электрических свойств электротехнических сталей, что в свою очередь позволяет значительно уменьшить сечение магнитопровода за счет большой допустимой магнитной индукции, а также диаметр витков

обмотки, массу и габаритные размеры трансформаторов [3].



**Рисунок 1 – Результаты рентгенографического исследования электротехнической анизотропной стали марки 27JGSD090
1 – до термической обработки; 2 – после термической обработки**

Таким образом, приведенные результаты исследования влияния термической обработки в интервале температур от 25° С до 800° С без последующей закалки на структуру и свойства электротехнической стали марки 27JGSD090 показали что интенсивность рефлексов значительно выросла, а сами рефлекссы стали значительно уже, что свидетельствует об уменьшении плотности дислокаций в стали 27JGSD090 вследствие термической обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Xia Z. Developments in the production of grain-oriented electrical steel / Z. Xia, Y. Kang, Q. Wang // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. 2008. P. 307–314.
2. Günther K. Recent Technology Developments in the Production of Grainoriented Electrical Steel / K. Günther, G. Abbruzzese, S. Fortunati, G. Ligi // Steel research int. 2005. V. 76. № 6. P. 413–421.
3. Воробьев Г. М., Гречный Я. В., Котова Л. И. Влияние степени совершенства текстуры и величины зерна на магнитные и электрические свойства трансформаторной стали. Сталь, 1965, № 1, с. 67–71.