

Краюшина Валерия Александровна

студентка

Цыганов Игорь Анатольевич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

г. Липецк, Липецкая область

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ АНИЗОТРОПНОЙ СТАЛИ

Аннотация: в данной статье рассматривается обзор экономически выгодных современных методов производства электротехнической анизотропной стали с достижением наиболее высокого качества.

Ключевые слова: электротехническая анизотропная сталь, свойства, технология производства.

Продвижение различных отраслей промышленности, таких как машиностроение, электроэнергетика, металлургия и другие, непосредственно связано с ростом спроса на электротехнические машины, а, значит, и с увеличением применения электротехнических сталей. Также необходимость в потреблении большого количества электроэнергии увеличивает потребность на изготовление электротехнической стали.

Успешное развитие электротехнической промышленности напрямую связано с качеством используемой стали, на которое влияет ряд свойств, зависящих от химического состава, а именно от содержания кремния, совершенства кристаллической решётки, количества включений и степени их дисперсности, величины зерна, внутренних напряжений, толщины и состояния поверхности листа.

Данная сталь нашла большое распространение в производстве электротехнического оборудования, магнитопроводов, сердечников трансформаторов, электродвигателей, генераторов, электромагнитов, дросселей и так далее.

Электротехнические стали должны обладать высокой магнитной проницаемостью и малыми потерями энергии при перемагничивании.

Для того чтобы уменьшить магнитные потери, сталь легируют кремнием или кремнием и алюминием, а так же другими элементами. Однако в современное время наблюдается спрос на стали с небольшим количеством кремния, так как они дешевле, хоть и обладают более высокими удельными потерями на перемагничивание. Потери энергии при перемагничивании зависят от площади петли гистерезиса, то есть от остаточной индукции и коэрцитивной силы.

В анизотропной стали структура из ориентированных крупных зерен формируется в процессе сложного технологического цикла, в состав которого входят прокатки и отжиги. Так в процессе высокотемпературного отжига в стали реализуется вторичная рекристаллизация (аномальный рост отдельных зерен) с формированием ребровой текстуры (текстура Госса) – (110) [1], которая обеспечивает высокие магнитные свойства готовой электротехнической анизотропной стали. Для протекания вторичной рекристаллизации необходимо обеспечить при горячей прокатке создание определенной текстурной и структурной неоднородности и наличие в сплаве дисперсных частиц ингибиторной фазы. Таким образом, наличие отделения высокотемпературного отжига в прокатных цехах по производству анизотропной электротехнической стали, обосновывается необходимостью получения магнитных характеристик в стали.

В последние годы были разработаны три метода производства, позволяющие получать качественную электротехническую анизотропную сталь в кратчайшие сроки, однако эти методы имеют свои недостатки.

Однократную прокатку с высокой степенью обжатия проводят в двух методах. Расхождение в создании таких сталей заключается в технологии управления ингибиторной фазой.

Первая технология носит название сульфо-нитридной. Она предполагает образование ингибиторной фазы, в состав которой входит $\text{AlN}+\text{MnS}$, при горячей прокатке, за счет чего предотвращается собирательная рекристаллизация и реализуется аномальный рост зерна, то есть вторичная рекристаллизация. Недостатком этого метода является необходимость высокотемпературного нагрева

слябов (до 1400°C), вследствие чего возникает потребность в приобретении дорого оборудования для проведения этой операции.

Вторая технология предполагает использование химико-термической обработки (азотирования), основанной на добавлении азота для формирования ингибиторной фазы AlN. Минусами данного метода являются: отрицательное влияние аммиачной среды, используемой при азотировании, и значительное уменьшение производительности печи обезуглероживающего отжига.

Третья технология производства электротехнической анизотропной стали включает в себя двухкратную холодную прокатку металла и содержит 0,4–0,6 мас. % меди, что позволяет добиться совершенства и однородности структуры за счет соблюдения параметров нагрева на стадии обезуглероживающего отжига в промежуточной толщине. Однако необходимость поддержания стабильной температуры полосы в пределах 1190–1380°C перед чистовой горячей прокаткой и температуры 980–1040°C в конце прокатки ограничивает применение данного метода, так как это требует наличие дорогостоящих печей (до 1450°C) для высокотемпературного нагрева слябов, необходимых для данной технологии производства. Кроме того, метод предполагает обработку металла с толщиной 0,55–0,85 мм, что уменьшает производительность печей обезуглероживающего отжига.

Таким образом, производство электротехнической анизотропной стали достаточно сложный процесс в черной металлургии. Представленные методы способны ускорить ее изготовление, однако каждый из таких методов имеет свои недостатки, позволяющие производителям выбрать один из них, ориентируясь на свои возможности.

Список литературы

1. Чуйко Н.М. Трансформаторная сталь / Н.М. Чуйко, Е.И. Мошкович, А.Т. Перевязко, Ю.П. Галицкий. – М.: Металлургия, 1970. – 264 с.
2. Молотилов Б.В. Холоднокатанные электротехнические стали: Справочник / Б.В. Молотилов. – М.: Металлургия, 1989. – 168 с.

3. Синельников В.А. Выплавка низкоуглеродистой электротехнической стали / В.А. Синельников, Б.С. Иванов. – М.: Металлургия, 1991. – 144 с.
4. Могутнов Б.М. Физическая химия процессов обработки электротехнических сталей / Б.М. Могутнов, Л.П. Емельяненко. – М.: Металлургия, 1990. – 168 с.
5. Лобанов М.Л. Электротехническая анизотропная сталь. Ч. I. История развития / М.Л. Лобанов, Г.М. Русаков, А.А. Редикульцев // МИ-ТОМ. – 2011. – №7. – С. 18–25.
6. Лобанов М.Л. Электротехническая анизотропная сталь. Ч. II. Современное состояние / М.Л. Лобанов, Г.М. Русаков, А.А. Редикульцев // МИ-ТОМ. – 2011. – №8. – С. 3–7.