

несмотря на все эти вызовы, энергетика является важнейшей отраслью хозяйства, без которой невозможна деятельность человека. Поэтому важно продолжать исследования и разработки в области энергосберегающих технологий, модернизации технологических схем и использования альтернативных источников энергии. В современном мире все больше внимания уделяется борьбе с загрязнением от мазутных хозяйств в энергетике. Это включает в себя строгие экологические стандарты и регулирование, а также применение технологий очистки отходов. Однако, эффективность этих подходов может варьироваться в зависимости от конкретной ситуации и требует комплексного подхода для достижения наилучших результатов. В целом, проблематика использования мазута в энергетике требует дальнейших исследований и инноваций, чтобы обеспечить устойчивое и безопасное энергетическое будущее.

#### Литература

1. Зеверева, Э. Р. Энергосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах / Э. Р. Зеверева, Т. М. Фарахов. – М. : Теплотехник, 2012. – 181 с.
2. Назмеев, Ю. Г. Мазутные хозяйства ТЭС / Ю. Г. Назмеев. – М. : МЭИ, 2002. – 612 с.

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКАЯ СТАЛЬ. СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

А. Д. Касач, И. А. Кричко, А. В. Разумейчик

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель Ю. В. Кляусова

*Рассмотрена электротехническая сталь как материал, который широко применяется в электрооборудовании, а также способы изготовления и улучшения данного процесса.*

**Ключевые слова:** электротехническая сталь, легирование, горячекатаные, холоднокатаные, сплав.

Электротехническая сталь (ЭТС) – это разновидность черного металла с улучшенными электромагнитными свойствами.

Улучшения электромагнитных свойств добиваются за счет внедрения кремния. Таким образом, электротехническая сталь представляет сплав железа и кремния (кремний содержанием 0,8–4,8 %).

Данный сплав применяется в конструкции электрических машин и приборов. С помощью электрического оборудования вырабатывают или преобразуют электрическую энергию.

Легирование – добавление в состав примесей для улучшения физических или химических свойств данного материала – производится не искомым элементом кремнием, а ферросилицием. Данный процесс позволяет вывести из металла кислород, который оказывает наибольшее негативное влияние на магнитные свойства материала, и цементит, который заменяется на графит. Наличие данных соединений приводит к увеличению потерь на гистерезис и вихревые токи.

По способу изготовления ЭТС делятся на горячекатаные и холоднокатаные.

Горячекатаная ЭТС производится с применением горячей прокатки (содержание кремния при данном способе не превышает 4,8 %).

Технология горячей прокатки подразумевает прокатку слитков до 1 т на полосы, которые разрезаются на плоские заготовки (сутунки) толщиной 5–10 мм и массой до 30 кг. Температура прокатки сутунки – 1200–1300 °С. В дальнейшем заготов-

ки прокатывают на листы разной толщины при температуре до 1260 °С. Температура прокатки зависит от содержания ферросилиция. В настоящее время данный способ не используется, только лишь небольшое количество ЭТС в виде листа толщиной более 2 мм и прутка круглого сечения.

Существуют два способа производства холоднокатаных листов: полистный и рулонный.

Особенность полистной прокатки – производство стали в рулонах, которые после холодной прокатки разрезаются на листы и последующую обработку ведут полистно.

На современных заводах принят рулонный способ производства. Все операции над сталью производятся в рулонах. Уже позже, перед сортировкой, они разрезаются на листы.

Данный способ обеспечивает увеличение выпуска продукции, дает возможность механизировать и автоматизировать технологические операции.

Часто холоднокатаную сталь поставляют в рулонах для уменьшения отходов после производства.

Процесс получения холоднокатаных полос и листов из углеродистых и легированных сталей начинается с горячекатаного металла в рулонах, полученного на непрерывных или полунепрерывных станах. Для некоторых низколегированных сталей первым шагом является смягчающий отжиг подката, в то время как для углеродистых сталей такой отжиг обычно не проводится. Затем следует операция очистки поверхности подката от окалины с использованием травления, дробеструйной обработки или их комбинации. В линии травления также проводится стыковая сварка горячекатаных рулонов, обрезка кромок и промасливание.

Холодная прокатка горячекатаных полос осуществляется на непрерывных или реверсивных станах. При производстве листов в рулонах последующие операции включают отжиг, «дрессировку», резку на листы с одновременной правкой и промасливанием, сортировку, упаковку и отгрузку.

Общая цель производства холоднокатаной стали заключается в получении тончайшей полосы на непрерывных станах холодной прокатки.

Применение ЭТС:

– трансформаторы: электротехническая сталь используется для изготовления сердечников трансформаторов. Благодаря своим магнитным свойствам, эта сталь позволяет снизить потери энергии и повысить эффективность работы трансформаторов;

– электродвигатели: в электродвигателях также используется электротехническая сталь для изготовления статоров и роторов. Это помогает уменьшить потери энергии и повысить КПД двигателей;

– генераторы: в генераторах электротехническая сталь применяется для создания обмоток статора и ротора, что позволяет обеспечить высокую эффективность генераторов;

– индуктивности и дроссели: электротехническая сталь используется для изготовления индуктивностей и дросселей в электрических цепях, так как она обладает высокой магнитной проницаемостью;

– трансформаторные ядра: электротехническая сталь применяется для изготовления трансформаторных ядер, которые используются в различных устройствах для изменения напряжения и тока.

Электротехническая сталь имеет различные марки и характеристики, которые подбираются в зависимости от конкретного применения.

Процесс изготовления ЭТС постоянно улучшается. Для увеличения количества и улучшения качества необходимо следовать некоторым перспективам:

- расширение диапазона температур: развитие специальных видов электротехнической стали, способных работать при экстремальных температурах, позволит использовать этот материал в более широком спектре условий эксплуатации;
- уменьшение воздействия на окружающую среду: исследования направлены на создание более экологически чистых процессов производства электротехнической стали и использование более устойчивых к окружающей среде материалов;
- интеграция с новыми технологиями: с развитием электроники и электрических технологий, электротехническая сталь будет интегрироваться в новые устройства и системы, такие как электромобили, солнечные батареи, ветрогенераторы и другие.

#### Литература

1. Материаловедение : учебник / Б. Н. Арзамасов [и др.] ; под. общ. ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – 5-е изд. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 648 с.

### **КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ СИЛОВЫХ УЗЛОВ ВЕНТИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ С АКСИАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОТОКОМ**

**А. П. Буйвид, М. А. Мойсееня, А. А. Радкевич**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Научный руководитель С. А. Павлюковец

*Проанализированы конструкции вентильных синхронных электродвигателей с печатным статором. Рассмотрены две структуры компоновки синхронных двигателей с аксиальным магнитным потоком с воздушным сердечником и их влияние на динамические показатели электродвигателя.*

**Ключевые слова:** вентильный электродвигатель, синхронный электродвигатель, печатный статор, аксиальный магнитный поток, воздушный сердечник.

Одной из разновидностей синхронных электродвигателей являются двигатели с использованием фазного ротора или ротора с постоянными магнитами [1]. При этом синхронным двигателям с постоянными магнитами на роторе (СДПМ), как правило, отдается предпочтение по сравнению с синхронными двигателями с фазным ротором (СДФР), особенно для условий, требующих невысокой скорости. Синхронные двигатели с постоянными магнитами на роторе более эффективны, чем другие двигатели, поскольку магнитное поле ротора создается постоянными магнитами, установленными на его поверхности, а не при помощи щеточного или бесщеточного возбуждения поля. Это повышает их надежность и снижает затраты на их обслуживание [2].

Синхронные двигатели с постоянными магнитами обычно подразделяются на три категории в зависимости от направления магнитного потока: радиальные, аксиальные (осевые) и поперечные. Помимо общих преимуществ, связанных с применением ротора с постоянными магнитами, СДПМ с постоянным осевым магнитным потоком (AFPM) имеют достоинства по сравнению со своими аналогами, включая высокое соотношение крутящего момента к массе, более высокую удельную мощность, более высокий КПД и более компактную структуру. Исходя из этого, двигатели