

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ

Кафедра «Тяговий руханий склад залізниць»

Кулешов В.П, Ревчук М.О.

**Технологія виробництва і надійність електрообладнання
електрорухомого складу**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

щодо підготовки та виконання практичних занять для студентів IV курсу спеціальності 6.05070203 «Електричний транспорт» з дисципліни «Технологія виробництва та надійність електрообладнання електрорухомого складу»

Київ 2013

Кулешов В.П., Ревчук М.О.

Технологія виробництва і надійність електрообладнання електрорухомого складу: Методичні вказівки щодо підготовки та виконання практичних занять для студентів спеціальності 6.050702 «Електричний транспорт» - К.: ДЕТУТ, 2013. - 24 с.

Методичні вказівки щодо підготовки та виконання практичних занять з дисципліни «Технологія виробництва і надійність електрообладнання електрорухомого складу» розглядають зміст і методику проведення практичних занять по темам лекційного матеріалу. Методичні вказівки містять схеми, пояснення окремих питань, рисунки, рекомендовану літературу.

Методичні вказівки розглянуті та затверджені на засіданні кафедри «Тяговий руханий склад залізниць» (протокол № 8 від 21.04.2011 р.) та на засіданні методичної комісії університету (протокол № від 2011р.)

Призначені для студентів спеціальності 6.050702 «Електричний транспорт» спеціалізація «Електровози та електропоїзди» усіх форм навчання та відповідають робочій програмі курсу «Технологія виробництва і надійність електрообладнання електрорухомого складу»

Укладачі: Кулешов В. П., доцент, к.т.н.

Ревчук М. О., завідувач лабораторії кафедри ТРСЗ

Рецензенти: Дубравін Ю. Ф., доцент, к.т.н., ДЕТУТ;

Дробаха В. І., к.т.н., заступник начальника Головного управління локомотивного господарства Укрзалізниці

Зміст

Вступ

<i>Практичне заняття № 1. Технологія виготовлення витих циліндричних пружин.....</i>	<i>5</i>
<i>Практичне заняття № 2. Технологія виготовлення магнітопроводів.....</i>	<i>8</i>
<i>Практичне заняття № 3. Виготовлення контактів із дугогасних композицій.....</i>	<i>10</i>
<i>Практичне заняття № 4. Технологія виготовлення багатовиткових катушок.....</i>	<i>13</i>
<i>Практичне заняття № 5. Випробування електричних апаратів.....</i>	<i>17</i>
<i>Практичне заняття № 6. Випробування електричних машин постійного струму (Тягового двигуна).....</i>	<i>18</i>
<i>Практичне заняття №7. Виготовлення колектора.....</i>	<i>20</i>
<i>Рекомендована література.....</i>	<i>22</i>

Вступ

Сучасний технічний прогрес на транспорті характеризується оновленням локомотивного парку та вдосконаленням системи управління рухомого складу. Спеціалісти різних галузей залізничного транспорту повинні мати певний мінімальний рівень знань щодо виробництва та випробування окремого електричного обладнання та їх елементів.

Мета практичних занять, перелік яких приведено означеними методичними вказівками, допомогти студентам поглибити знання з теоретичних питань та в освоєнні тем, призначених для самостійного вивчення. Проведення практичних занять сприятиме кращому засвоєнню матеріалу лекцій з дисципліни «Технологія виробництва і надійність електрообладнання електрорухомого складу», вивченню і практичному освоєнню необхідних технологічних процесів в практичній роботі при виготовленні окремих елементів електричних апаратів і електричних машин, а також способів, які використовуються при цьому.

Навчальною програмою передбачено виконання курсового проекту з розрахунку конструкції електропневматичного контактора. Методичні вказівки розширюють знання з конструкції окремих елементів електрообладнання і технології їх виготовлення.

Виконання практичного заняття складається з таких етапів:

перший етап - це поділення групи студентів на окремі підгрупи залежно від наявності кількості робочих місць;

другий етап - це ознайомлення кожного студента або групи студентів з вимогами охорони праці при виконанні практичного завдання;

третій етап - це ознайомлення кожного студента або групи студентів з конструкцією, принципом роботи і безпечним використанням необхідного устаткування, вимірювального інструменту тощо, що використовується при виконанні практичного завдання;

четвертий етап - це вивчення технологічного і поопераційного порядку виконання практичного заняття;

п'ятий етап - це виконання практичного заняття;

шостий етап - це оцінювання якості виконання практичного заняття;

Практичне заняття №1

Тема заняття: Технологія виготовлення витих циліндричних пружин.

Зміст заняття:

1. Порядок операцій.
2. Навивання заготовок пружин.
3. Розрізання довгих спіралей на окремі заготовки і заправка кінців пружини.
4. Термічна обробка пружин і захист їх від корозії.
5. Контроль і випробування пружин.

Виконання завдання

1. Порядок операцій

Виті пружини залежно від їх розмірів і матеріалу виготовляються способом холодного навивання (невеликі і середні пружини з проволочи діаметром до 8 мм), або способом гарячого навивання (великі пружини).

Типовий порядок основних операцій технологічного процесу виготовлення пружини, які навиваються в холодному стані, є такий:

- 1) навивання заготовок пружин;
- 2) розрізання довгих заготовок (спіралей) на окремі заготовки пружин (тільки при навиванні на оправу в холодному стані);
- 3) заправка кінців пружин (обробка, створення напівкілець або гачків);
- 4) термообробка пружин (не завжди);
- 5) захист від корозії;
- 6) контроль і випробування пружин.

Типовий порядок операцій виготовлення великих пружин стиснення, що навиваються в гарячому стані:

- 1) відрізка заготовок потрібної довжини;
- 2) нагрівання заготовок струмами *високої частоти*;
- 3) відтяжка або вальцювання кінців заготовок;
- 4) нагрівання заготовок;
- 5) навивання пружини;
- 6) заправка кінців (обрубка або інша обробка);
- 7) розведення і правка пружини;
- 8) кінцева заправка торців;
- 9) термообробка пружини (гартування або відпускання);
- 10) Ю.захист від корозії;
- 11) контроль і випробування пружини.

2. Навивання заготовок пружин

Навивання на оправки. Виті циліндричні пружини навиваються па оправках в холодному стані тільки при малих обсягах виробництва, а в гарячому стані - завжди на оправках. Навивання виконується на спеціально пристосованих верстатах токарного типу з оправкою, що обертається.

При виготовленні невеликих по довжині пружин на оправу навивається

довга спіраль (заготовка) для декількох пружин. З метою зменшення відходів дроту можна навивати дуже довгі заготовки на токарно-гвинторізних верстатах.

При навиванні пружин в холодному стані діаметр оправки необхідно вибирати рівним приблизно 0,8 - 0,95 внутрішнього діаметра пружини залежно від властивостей дроту. Зменшувати діаметр оправки необхідно, тому що після знімання сили натягнення дроту, необхідного при навиванні, діаметр пружини збільшиться внаслідок пружних властивостей матеріалу.

Безоправляльне навивання на автоматах

Такий спосіб навивання значно продуктивніший. При цьому можна забезпечити набагато більшу точність виготовлення пружин внаслідок наявності у автоматів пристрою для регулювання діаметра і кроку пружини (рис. 1)

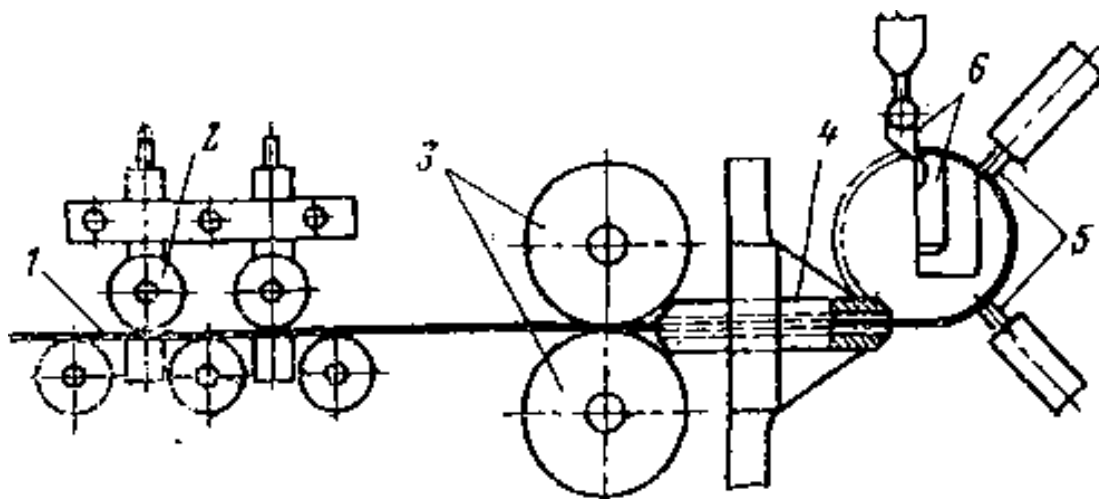


Рис. 1. Схема безоправочного навивання пружини на пружинонавивальному автоматі

Дріт (1) надходить з бухти, протягується між роликami правильного апарату (2) за допомогою транспортуючих роликів (3). Після виходу з напрямлюючого пристрою (4) дріт за допомогою пальців (5) завивається в пружину. Розмір діаметра пружини регулюється радіальним переміщенням пальців. Пружина відрізається ножами (6). За одну годину роботи автомат може виготовити біля 3000 пружин середніх розмірів.

3. Розрізання довгих спіралей на окремі заготовки і заправка кінців пружини

Найпродуктивнішим і доцільним способом розрізання довгих спіралей на окремі заготовки є розробка заготовок штампом на пресі.

Кінцеві неробочі витки пружин, що працюють на стиснення, шліфуються з торців для створення поверхонь, перпендикулярних осі пружини, на спеціальних верстатах.

4. Термічна обробка пружин і захист їх від корозії

Пружини, які навиті із сталюого дроту в холодному стані, підлягають відпусканню при температурі 200 - 350°C протягом 2 - 8 хв. з метою зняття внутрішніх напружень, одержаних при навиванні. При відпусканні діаметр пружини зменшується, а висота збільшується.

Відпускання виконується в електropечax і масляних, або сольових ваннах.

Термічна обробка пружин, що навиті в гарячому стані, підлягають гартуванню і відпусканню.

Перед нанесенням антикорозійного покриття або хіміко-термічної обробки поверхня пружини повинна бути старанно очищена і підготовлена шляхом механічних, хімічних, або електрохімічних процесів. Прогресивним покриттям є вихрове напилення полімерами. Найпоширенішим в електроапаратобудівництві способами захисту малих і середніх пружин від корозії є цинкування, кадмування пружин. Великі пружини покривають лаками або фарбами.

5. Контроль і випробування пружин

Пружини після виготовлення підлягають контролю і випробуванню, основними з яких є такі:

- технічний огляд і перевірка розмірів;
- випробування під робочим навантаженням;
- випробування під динамічним і довготривалим навантаження (типові або вибіркові).

Геометричні розміри діаметра дроту внутрішнього і зовнішнього діаметрів пружин вимірюють: штангенциркулями, мікрометрами, граничними калібрами, шаблонами, індикаторними приладами і автоматичними пристроями.

Пружини під робочим навантаженням випробовують на гідравлічних і механічних пресах або використовують спеціальні пристрої.

Контрольні запитання

1. Який порядок операцій виготовлення пружин?
2. Як відбувається навивання заготовок пружин?
3. Розповісти про розрізання довгих спіралей на окремі заготовки і заправка кінців пружини?

Практичне заняття №2

Тема заняття: Технологія виготовлення магнітопроводів.

Зміст заняття:

1. Основні вимоги до магнітопроводів.
2. Матеріали для виготовлення магнітопроводів.
3. Особливості виготовлення пластин.

Виконання завдання

1. Основні вимоги до магнітопроводів

Матеріал повинен мати магнітні характеристики, що відповідають розрахунковим. Заміна однієї марки матеріалу на іншу може привести до непоправного браку готового магнітопроводу.

В електромагнітних системах повітряні зазори мають велике значення для забезпечення необхідної величини намагнічувальної сили. Робочі зазори повинні

бути близькими до розрахункових, а неробочі - найменшими, щоб забезпечити мінімальне падіння в них магнітного потенціалу.

Шихтовані із пластин і навиті із стрічки магнітопроводи повинні мати малі теплові втрати. Для цього необхідно, щоб:

товщина матеріалу не перевищувала розрахункову;

задири не замикають сусідні пластини магнітопроводи і тим самим не збільшують втрати від вихрових струмів і не зменшували коефіцієнт заповнення пакета внаслідок підвищення магнітної індукції.

2. Матеріали для виготовлення магнітопроводів

Як матеріали для виготовлення магнітопроводів використовуються:

1. Сталь якісна конструкційна, що має невеликий вміст вуглецю (до 0,2-0,5%) марок 0; 1; 2; 0,5; 0,8; 10; 15; 20 у виді листів, полос і прутків.

2. Сталь низьковуглецева (до 0,04%) електротехнічних марок Е, ЕА, і ЕАА у виді листів, полос і прутків.

3. Відливки фасонні із низьковуглецевої сталі.

Для ярм, осердь і якорів магнітопроводів, що нашіхтовані і використовуються в апаратах постійного струму, необхідно застосовувати матеріали, які мають низьку коерцитивну силу для того, щоб при знеструмленні котушки залишковий магнітний потік був малим і якір відпадав від осердя.

Найчастіше використовуються сталі марок Е11;Е12;Е13;Е41;Е42;Е43.

Букви і цифри в марках сталі умовно позначають:

- Е - електротехнічна сталь;
- перші цифри - ступені легування сталі кремнієм (1 - слаболегована, 2 - середньолегована, 3 - підвищенолегована, 4 - високолегована) у відсотках;
- другі цифри - гарантовані електричні властивості сталі (1 - нормальні питомі втрати, 2 - похиблені питомі втрати).

3. Особливості виготовлення пластин

Складність конфігурації більшості конструкцій магнітопроводів апаратів змінного струму, а також велика вартість електротехнічної сталі приводять до необхідності приділенню великої уваги питанню найвигіднішого розкрою листа і тим самим зниження проценту відходів матеріалу та доведення в деяких апаратах використання листа до 100%.

Розрізання електротехнічної сталі для пластин шихтованих магнітопроводів на заводах здійснюється багатодисковими роликковими ножами або пневматичними прес-ножицями.

Штамповка пластин магнітопроводів виконується на ексцентрикових кривошипних пресах, пресах – автоматах, особливо при використанні рулонної сталі. Зняття задирок, які утворюються при підвищеному зазорі між ножами, або пуансоном і матрицею, а також при роботі затупленими штампами, здійснюється методом, як правило, шліфування.

При штамповці електротехнічної сталі в місцях зрізу змінюється структура металу (наклеп) і створюються залишкові напруження. В місцях «наклепа» збільшуються магнітні втрати, а також зменшується магнітна проникність.

З метою покращення властивостей металу залишкові напруження змінюють відпалом. В більшості випадків в електро-, -апаратобудівництві при частоті 50 гц і

невеликій індуктивності можна не використовувати додаткову ізоляцію пластин. Природа плівки окису електротехнічної сталі є достатньою для достатньої ізоляції при умові використання оптимального тиску пресування в процесі збирання магнітопроводу. Якщо неможливо обмежитись природною плівкою, використовують спосіб покриття лаком, а також просоченням лаком зібраних магнітопроводів.

Пластини шихтованих магнітопроводів перед збиранням комплектують в пакети по масі. Під час набору в пакети, пластини необхідно скласти так, щоб напрямок зрізу при штампуванні розташовувався в один бік, що важливо для підвищення продуктивності збирання і подальшої обробки. Зкомплектовані пакети укладають в чарунки транспортної тари.

Для того, щоб одержати міцний магнітопровід з високим коефіцієнтом заповнення перерізу сталі, зібраний пакет необхідно опресувати. Необхідне зусилля пресування складається із двох складових - зусилля для пресування пакета сталі і зусилля для створення головок заклепок.

Контрольні запитання

1. Які основні вимоги до магнітопроводів?
2. Які матеріали використовують для виготовлення магнітопроводів?
3. Вказати особливості виготовлення пластин магнітопроводів?

Практичне заняття №3

Тема заняття: Виготовлення контактів із дугогасійних композицій.

Зміст заняття:

1. Підготовка порошків до пресування.
2. Пресування.
3. Спікання.

Виконання завдання

Залежно від типу апарата (повітряний, масляний, вакуумний тощо) і його призначення (вимикач, роз'єднувач; перемикач тощо) умови роботи комутаційних контактів та їх конструкція різні. В конструкціях потужних вимикачів, як правило, передбачаються контакти головні і робочі. Поверхні дугогасильних контактів захищають головні від дії дуги, робочі поверхні дугогасильних контактів захищають дугостійким металокерамічним облицюванням з товщиною захисного шару 3-5мм. Як матеріал комутаційних контактів використовуються металокерамічні конструкції. Технологічна схема виготовлення контактів із порошкових металокерамічних композиційних матеріалів полягає в виконанні таких робіт:

- підготовка суміші порошків із необхідних матеріалів;
- пресування із них контактних деталей заданої форми;
- спікання заготовок із порошків.

1. Підготовка порошків до пресування

Порошки вихідних компонентів композицій можна отримати механічним способом (розмол, розмив) фізико-хімічним способом (відновлення оксидів металів, електроліз твердих розчинів тощо) або комбінованим способом.

Оскільки дугостійкість контактів суттєво залежить від структури композиції, вибір методу одержання порошків із складових їх компонентів є дуже важливим.

Методом відновлення оксидів металів отримують порошки вольфрама, молібдена, кобальта. Методом електролітичного осідання - порошки міді, срібла і деяких сплавів. Підготовка порошків до пресування складається із очищення, термічної або механічної обробки, розділення на фракції по розміру частинок з подальшим змішуванням. При змішування необхідно отримати однорідну по складу шихту.

2. Пресування

Це спосіб отримання із суміші порошків заданого складу заготовок контактних деталей, форма і розміри яких близькі або відповідають готовому виробу. Пресування виконується в прес-формах при визначення тиску. Міцність одержаної заготовки забезпечується в основному силами механічного зчеплення частинок суміші. Залежно від розмірів і складності контактних елементів використовують статистичні високошвидкісні (динамічні та імпульсні) методи пресування.

Одностороннім пресуванням в сталених прес-формах одержують заготовки простої циліндричної або трубчатої форми з відношенням зовнішнього діаметра до товщини стінки менше трьох. Для одержання заготовок складної форми використовують двостороннє пресування. Високошвидкісні процеси пресування характеризується швидким нарощуванням тиску, високою швидкістю деформації. До них належать такі методи, як гаряче динамічне пресування, магнітно-імпульсне, електрогідроімпульсне пресування в спеціальних прес-формах.

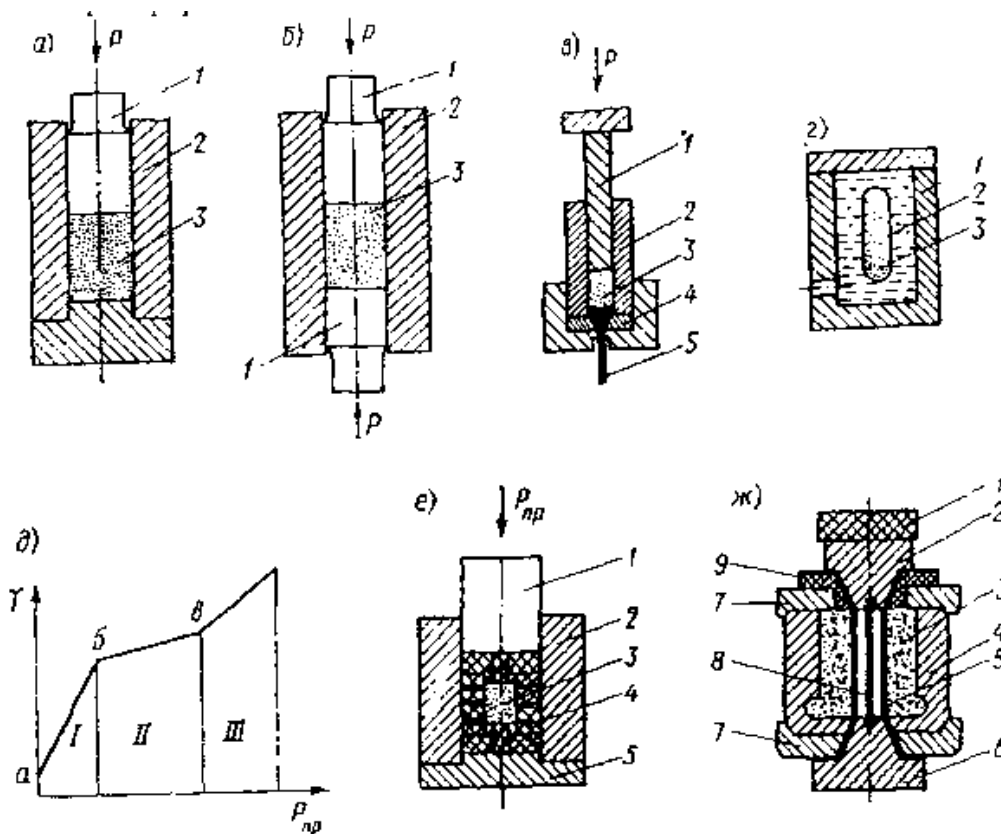


Рис. 2. Методи пресування контактів із металокерамічних композиційних матеріалів і характеристика процесу ущільнення:

а) одностороннє пресування; б) двостороннє пресування; в) метод видавлення; г) гідростатичне пресування; д) Залежність щільності контактів від сили пресування; е) метод електростатичного пресування; ж) електрогідростатичний метод.

3. Спикання

Це процес термічної обробки пресованих деталей в захисній атмосфері (вакуум, водень, аргон, гелій, азот). Температура спікання вибирається залежно від складу композиції. Використовують два види спікання:

- твердо фазове, коли температура спікання складає 0,7-0,8 значення температури плавлення легкоплавної складової;
- рідиннофазова, коли температура спікання доходить до температури плавлення легкоплавної складової і виникає часткове її розплавлення.

Тривалість спікання складає біля 3-4 годин. Щільність композиційного матеріалу залежить від сили пресування:

$$P_{\text{пр}} = p \cdot S_{\text{пл}} \cdot n_{\text{пр}}, \quad (1)$$

де p – питомий тиск пресування, МПа

$S_{\text{пл}}$ – площа поперечного перерізу пресуємої контактної деталі, м²

$n_{\text{пр}}$ – кількість контактних деталей які пресуються в прес-формах.

Контрольні запитання

1. Як відбувається підготовка порошків до пресування, при виготовленні контактів?
2. Як відбувається пресування контактів?
3. Розповісти про спікання контактів?

Практичне заняття №4

Тема заняття: Технологія виготовлення багатовиткових котушок.

Зміст заняття:

1. Види багатовиткових котушок.
2. Матеріали багатовиткових котушок.
3. Типова технологія виготовлення котушок.

Виконання завдання

1. Види багатовиткових котушок

По конструктивно-технологічних ознаках багатовиткові котушки поділяються на декілька видів: циліндричні і прямокутні, каркасні, безкаркасні і намотані на осердя магнітопровода, з гнучкими і гострими виводами, односекційні, двосекційні і багатосекційні.

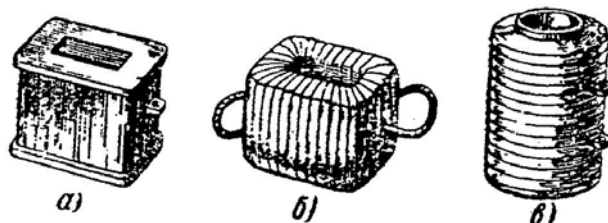


Рис. 3. Поширені види електроапаратних багатовиткових котушок

- а) каркасна з жорсткими виводами;
- б) безкаркасна з гнучкими виводами;
- в) намотана на сталеву трубу з жорсткими виводами.

2. Матеріали багатовиткових котушок

1. *Обмоткові проводи* - це ізольовані проводи, які служать для виготовлення провідних частини котушок апаратів. Емалювальні обмоткові проводи поступово витісняють інші марки проводів, оскільки вони мають малу товщину ізоляції, що значно підвищує коефіцієнт заповнення обмотувального простору котушок.

2. *Рулонні, листові і стрічкові електроізоляційні матеріали* — це матеріали, які ізолюють обмоткові проводи зовні котушок і окремі елементи їх у середині. Основними із таких матеріалів є тканини, лакотканини, ізоляційні стрічки, електроізоляційний папір.

3. *Лаки, компаунди та емалі* - це матеріали, які використовуються для просочування покриття зовнішньої поверхні і склеювання внутрішньої ізоляції котушок.

4. *Конструктивні матеріали каркасів*, до яких належать пластичні матеріали, низьковуглецева сталь, латунь, мідь, електрокартон, гетинакс, текстоліт, каніфоль, нитки, шпагат, припої тощо.

3. Типова технологія виготовлення котушок

Технологія виготовлення котушок складається з багатьох операцій, які для різних конструкцій котушок різні. Але послідовність основних операцій технологічних процесів виготовлення котушок визначена і є такою:

Виготовлення каркасу, якщо він не передбачається

I. Намотувальні і ізоляційні роботи:

- 1) заготовка матеріалів, в тому числі електроізоляційних і інших, необхідних в процесі намотування;
- 2) намотування обмоткового проводу;
- 3) технічний контроль намотаних котушок;
- 4) приєднання і закріплення виводів;
- 5) ізолювання зовнішньої поверхні котушок;
- 6) технічний контроль ізолюваних котушок.

II. Просочення з попереднім і подальшим сушінням:

- 1) підготовчі роботи (підготовка обладнання посочувального складу тощо);
 - 2) сушіння перед просоченням або нагріванням;
 - 3) просочування і стікання просочувального складу;
 - 4) очищення від просочувального складу металевих, пластмасових та інших частин котушок;
 - 5) сушіння після просочування або термообробка термореактивних складів.
- III. Технічний контроль готових котушок.

Намотування котушок на каркас

Виконується закріплення каркасу для намотування котушок на планшайбу або шпіндель намотувального стакана. Процес намотування подано на рис. 4.

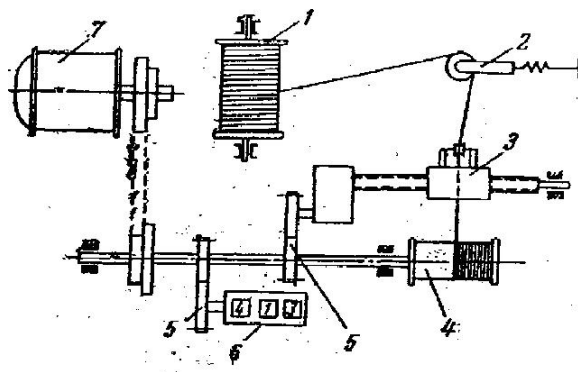


Рис. 4. Схема процесу намотування багатовиткової котушки

Обмотковий провід з бухти або барабану (1) проходить через ролики (2) механізму на тяжіння каретки (3) подачі проводу і намотується на каркас. Обертання каркасу і гвинта каретки здійснюється електродвигуном (7) через зубчасту передачу (5). Кількість намотаних витків реєструється лічильником (6). Особливу увагу необхідно приділяти натягінню проводу, оскільки воно є найважливішим фактором якості і продуктивності намотування.

В процесі намотування укладається через один і більше шарів витків міжшарова прокладка, яка являє собою прямокутний шматок тонкої електроізоляції, яка охоплює котушку одним обертом з невеликим перекриттям (10-30 мм) в місці їх стикування.

Очищені від ізоляції місця з'єднань проводів необхідно ізолювати тонким ізоляційним матеріалом, щоб не мати стовщення проводу в цих місцях.

Ізоляція зовнішньої поверхні

Після приєднання і закріплення виводів котушки виконується ізоляція зовнішньої її поверхні. Каркасні, циліндричні і прямокутні котушки, які підлягали просочуванню, доцільно зовні ізолювати стрічкою із пористої тканини, яка пропускає просочувальний склад.

Сушіння, просочування і покриття лаками та емалями

Послідовність технологічних процесів сушіння, просочування і покриття лаками котушок із обмоткових проводів така:

1. Сушіння перед просочуванням для усунення із повітряних прошарків, пустот і пор вологи, а при вакуумному сушінні - повітря.
2. Просочування лаками і компаундами для заповнення електроізоляційними складами раніше зайятих повітрям і вологою місць.
3. Сушіння або нагрівання просочених котушок для видалення розчинного розчину і затвердіння основи лаку.
4. Покриття котушок лаками і емалями.
5. Сушіння покривних лаків і емалі або нагрівання.

Сушіння перед просоченням

В непросочених волокнистих органічних матеріалах завжди міститься деяка кількість вологи. Так при відносній вологості повітря 60 - 80 %, яка звичайно має місце в виробничих цехах і коморах, вміст вологи в бавовні складає 6 - 8 %. Для того, щоб видалити в ізоляції котушки вологу виконується попереднє сушіння котушок. Якщо волога буде закупорена просочувальними матеріалами, то в подальшому її усунення стає неможливим і вона буде обумовлювати низькі електричні властивості ізоляції. Температура сушіння для кожного класу нагрівостійкості ізоляційних матеріалів повинна бути обмежена для уникнення пришвидшення старіння ізоляції. Температура сушіння для кожного класу ізоляції зазначається в технологічних картах.

При вакуумному сушінні видалення з ізоляції вологи значно пришвидшується і тому температуру сушіння можна зменшити. На початку сушіння температура повинна бути понижена, щоб не відбулося швидке висихання зовнішніх шарів і не створилась «корка», яка затримує подальше видалення вологи.

Сушіння після просочування лаками з розчинами

Процес сушіння лаками котушок протікає в дві стадії:

- перша стадія сушіння - це видалення розчинів, таких як бензол, кислоти, уайт-спириту, скипидар тощо при температурі не вище 80° С. Температуру вакуумного сушіння достатньо підтримувати в межах 70 - 80° С;
- друга стадія сушіння це запікання лакової плівки.

Вакуумне сушіння значно прискорює видалення вологи з котушки і особливо необхідна для багатовиткових котушок апаратів. При вакуумному сушінні котушок апаратів низької напруги до 1000 В підтримується залишковий тиск 2000 - 4000 Па, а високої напруги до 10 кВ - 650 Па, до 110 кВ - 130 Па, до 500 кВ - 13 Па, вище 500 кВ - 1,3 Па.

Час вакуумного сушіння приймається рівним від 5 - 10 хвилин до 2 годин залежно від конструкції котушок, виду обладнання і прийнятої технології.

Просочування катушок

Просочення катушок при атмосферному тиску здійснюється зануренням в просочувальну ванну і дає негативні результати, оскільки лак проникає у внутрішні її шари. Зовнішньою ознакою кінця просочування служить відсутність виділення бульбашок повітря на поверхні лаку. Цей час складає, як правило, 3-15 хвилин.

При просочуванні лаками під тиском, вище атмосферного, прискорюється просочування і сприяє проникненню лаку у внутрішні частини катушок, а також в пори і капіляри їх ізоляції, що є необхідним особливо при багатовиткових катушках і лаках підвищеної в'язкості. При просочуванні під тиском доцільно використовувати інертний газ (азот).

Вакуумне просочування забезпечує глибоке проникнення просочувального матеріалу у внутрішні частини катушки, а також в пори і капіляри ізоляції.

Покриття катушок лаками і емалями, їх сушіння

При покритті катушок лаками і емалями на їхню поверхню наноситься тонкий шар покривного лаку або емалі. Добра якість плівки одержується при її товщині 0,10-0,15 мм.

Основними способами нанесення покривних лаків або емалей є такі:

- розпилення струменем стиснутого повітря (пульверизатор) пістолетом;
- безповітряне розпилення під високим тиском;
- занурення.

Холодне або повітряне сушіння повинно виконуватись при температурі сушіння не нижче 15-20°C.

З метою зменшення часу висихання більшості лаків і емалей холодного сушіння можна сушити в печах при температурі не вище 60-80°C.

Гаряче або пічне сушіння покривних шарів лаків і емалей виконується в сушильних печах, які повинні мати циркуляцію повітря.

Контроль катушок в процесі виробництва

Контроль потрібно починати ще при одержанні матеріалів. Шляхом лабораторних випробувань необхідно перевірити відповідність всіх матеріалів, в тому числі просочувальних і покривних складів, лаків, емалей державним стандартам і технічним умовам.

В процесі виготовлення катушки доцільно організувати технічний контроль на таких етапах виробництва:

- після закінчення виготовлення каркаса;
- в процесі намотування катушки при допомозі приборів, пов'язана з роботою станка та натягінням проводу;
- після намотування катушки;
- після припаювання і закріплення виводів;
- після накладання зовнішньої ізоляції;
- в процесі сушильно-просочувальних робіт;
- після просочення і лакування;

Технічний огляд і контроль геометричних розмірів призначений для перевірити відповідності катушки кресленням і обмотувальним даним.

Контроль активного опору і кількості витків здійснюється шляхом виміру

приладами (мостами, омметрами, на стендах з використанням вольтметрів і амперметрів тощо).

Контроль опору ізоляції (мегомметр).

Вибірковий контроль і типові випробування, потрібно здійснювати при укладанні витків котушки, міжшарових прокладок, внутрішніх з'єднань, а також якості просочування. Для цього одна із котушок із партії розмотується і розрізається.

Крім того необхідно періодично здійснювати типові випробування апаратів, що мають котушки.

Контрольні запитання

1. Які є види багатовиткових котушок?
2. З яких матеріалів складаються багатовиткові котушки?
3. Розказати про типову технологію виготовлення котушок?
4. Процес покриття котушок лаками і емалями, їх сушіння?
5. Як відбувається просочування котушок?
6. Як здійснюють контроль котушок в процесі виробництва?

Практичне заняття №5

Тема заняття: Випробування електричних апаратів

Зміст заняття:

1. Програма типових випробувань Виконання завдання

Випробування електричних апаратів

Висока якість апаратів, їх надійність і довговічність в експлуатації забезпечується випробуванням матеріалів, деталей, вузлів і апаратів вже при збиранні конструкції, а потім в процесі виробництва і експлуатації. В зв'язку з цим основними видами технічного контролю і випробування є такі:

1. Лабораторні дослідження і випробування макетів і зразків в процесі розробки конструкції апарату.
2. Лабораторний технічний контроль і випробування властивостей матеріалів що надходять на підприємство і напівфабрикатів.
3. Операційний технічний контроль деталей і вузлів в процесі їх виробництва, включаючи електричні випробування.
4. Контрольні випробування готових апаратів, яким підлягає кожний виріб. При масовому виробництві інколи тільки частина з партії готових виробів підлягає випробуванням по повній програмі контрольних випробувань, решта – по скороченій програмі. Контрольні випробування містять в собі перевірку тих показників, які можуть суттєво змінюватися залежно від якості виготовлення і які в умовах виробництва можливо перевірити. В програму контрольних випробувань входить: технічний огляд, перевірка параметрів спрацювання, вимірювання величини електричного опору, котушок та ізоляції тощо.
5. Типові випробування готових апаратів виконуються до початку випуску нового для даного виробництва типу апарата, потім періодично один раз в 1-3

роки протягом всього часу виробництва апарата, а також при зміні конструкції, матеріалу і технології, які можуть вплинути на параметри апарата.

Типовим випробуванням підлягають не менше двох зразків кожного типу апаратів, що пройшли контрольні випробування.

Програма типових випробувань включає перевірку виконання всіх технічних вимог стандартів і технічних умов, в тому числі тих, що відбуваються при контрольних випробуваннях, та інших випробувань: на нагрівання, комутацію, механічне і електричне зношення, електродинамічну і термічну стійкість, які залежать від умов роботи апарата в експлуатації.

6. Приймально – здавальні випробування виконуються на вимогу замовника. Цим випробуванням підлягають апарати відповідального призначення, що пройшли контрольні випробування. Програма приймально – здавальних випробувань складається спільно з замовником та містить в собі програму контрольних випробувань і частину з програми типових випробувань, а саме ті її пункти, які особливо важливі для умов експлуатації.

7. Спостереження за роботою апаратів в процесі їх експлуатації в різних галузях народного господарства, а також в деяких випадках проведення випробувань в умовах експлуатації. При таких спостереженнях і випробуваннях здійснюється удосконалення конструкції апаратів.

Контрольні запитання

1. Які основні види технічного контролю і випробування електричних апаратів?
2. Які особливості контрольних випробувань готових апаратів?
3. Програма типових випробувань електричних апаратів?

Практичне заняття №6

Тема заняття: Випробування електричних машин постійного струму (тягового двигуна).

Зміст заняття:

1. Попередні випробування тягових двигунів постійного струму.
2. Контрольні випробування.

Виконання завдання

1. Попередні випробування тягових двигунів постійного струму

Попередні випробування тягових двигунів виконують при їх живленні від заводської мережі постійного струму напругою 220 - 400 В. Роботу двигуна здійснюють в режимі холостого ходу по 30 хвилин в кожному напрямку, визначають якість збирання його і підшипникових вузлів.

Потім двигун оглядають, перевіряють кріплення його окремих частин і деталей і при необхідності підтягують болти, гайки, продувають стиснутим повітрям, встановлюють кришки оглядових люків і подають на випробувальну станцію.

2. Контрольні випробування

Електричні машини постійного струму випробовують у відповідності з

вимогами державних стандартів. В ході випробувань вимірюють биття колектора, вістовий розбіг якоря, повітряні зазори між полюсами, правильність встановлення щіткоутримувачів відносно колектора. Результати вимірів реєструють в спеціальному журналі і в технічному паспорті.

Програма приймально-здавальних випробувань тягових двигунів визначена державними стандартами. При контрольних випробуваннях виконують такі роботи:

- перевірка опору ізоляції обмоток;
- перевірка омічного опору обмоток якоря між відповідними колекторними пластинами і полюсних котушок між відповідними виводами;

Опір обмоток вимірюють в холодному стані двигуна для перевірки його відповідності нормам наступного визначення перегрівання обмоток.

- всі двигуни проходять випробування на нагрів при номінальній напрузі і годинному струмі. При цьому через 15 хвилин вимірюють опір котушок головних і додаткових полюсів з перерахуванням його при 20° С по формулі:

$$r = r[1 - \alpha(20 - t)], \quad (1)$$

де α - температурний коефіцієнт для мідних обмоток: $\alpha = \frac{1}{235 + t}$

- при номінальній напрузі на колекторі і годинному струмі виконують виміри частоти обертання двигуна в одну та другу сторони;
- в кінці годинного режиму здійснюють розрахунок нагріву обмотки якоря по формулі:

$$t_i = \frac{(r_i - r_o)}{r_o} \cdot (235 + t_o) + t_o, \quad (2)$$

де r_n, r_x - опір відповідно нагрітої і холодної обмоток;

t_x - температура холодної обмотки.

За одержаними даними будують криву охолодження і по побудованій кривій знаходять температуру нагрівання обмотки в момент зупинки тягового двигуна.

Для ізоляції тягових двигунів важливою є величина перегрівання обмотки, тобто різниця між температурами ізоляції і зовнішнього середовища:

$$T = t_n - t_x \quad (3)$$

Температура перегрівання окремих вузлів тягового двигуна залежить від класу ізоляції, що використовується:

Клас нагрівостійкості ізоляції

Таблиця 1

№ з/п	Найменування обмоток	Клас ізоляції				
		A	E	B	F	H
1.	Обмотка якоря	100	105	120	140	160
2.	Обмотка полюсів	100	105	130	155	180
3.	Колектор	95	95	95	95	105

Частоту обертання якоря перевіряють до виявлення можливого відхилення її від розрахункової величини, що необхідно для правильного подальшого підбору тягових двигунів на тяговий рухомий склад. Частоту обертання якорів тягових двигунів перевіряють при годинному режимі і номінальній напрузі на нагрітому тяговому двигуні.

На реверсування тяговий двигун випробовують з метою встановлення відповідності швидкості обертання його якоря в обидва напрямки. Випробування на підвищену частоту обертання якоря виконують для перевірки механічної міцності частин тягового двигуна.

Перевірка комутації - це найвідповідальніше випробування тягового двигуна. Від якості комутації залежить надійність роботи двигуна при його експлуатації і визначають за ступенем інтенсивності іскріння під щітками шляхом візуального оцінювання або індикатора іскріння. Тягові двигуни електровозів змінного струму випробовують на пульсуючій напрузі.

Випробування ізоляції виконують після перевірки її пору підвищеною напругою змінним струмом промислової частоти.

Контрольні запитання

1. Як проводять попередні випробування тягових двигунів постійного струму?
2. Які є класи нагрівостійкості ізоляції?
3. Як проводять контрольні випробування тягових двигунів постійного струму?
4. Як перевіряють комутації тягових двигунів постійного струму?

Практичне заняття №7

Тема заняття: Виготовлення колектора.

Зміст заняття:

1. Виготовлення колекторних пластин.
2. Виготовлення колектора.
- 3.

Виконання завдання

1. Виготовлення колекторних пластин.

Колекторні пластини виготовляють із мідного профілю методом штампування і фрезерують в них шліци (без «ластівчиного хвоста»). Розміри колекторної пластини і колекторної міді установлені в проектній документації для кожної електричної машини. Контроль профілю і розмірів пластин виконується спеціальним металевим шаблоном.

Після штампування і калібрування пластин їх складають в пачки по 5-10 штук і заміряють їх висоту під зусиллям 300-350 кН (30-35 кгс). Перед збиранням колекторних пластин в пачки, запилюють задирки та протирають їх змоченою в бензині серветкою. Перевіряють відповідність розрахунковій висоті і ширині пачки і при необхідності компенсують її розміри встановленням однієї або декількох пластин іншої товщини.

Із колекторного слюдопласта виготовляють ізоляційні прокладки. При їх підборі необхідно слідкувати, щоб вони не мали розшарування і крихкості по краях. Їх також складають у пачки і заміряють їх розміри під силою 300-350 кН. Після підбору комплекту пластин їх збирають на плиті (рис. 5).

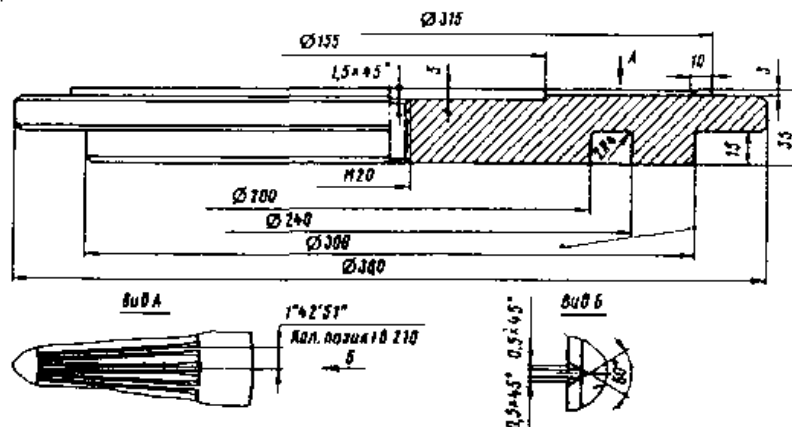


Рис. 5. Плита для збирання колектора електродвигуна.

2. Виготовлення колектора

Зібраний комплект стягують хомутом, вирівнюючи по колу і вертикалі за допомогою фібрової підбойки. Вертикальнісь пластин контролюють кутовиком. Вирівнений колектор стягують бандажем із сталюого дроту і потім знімають хомут (рис. 6).

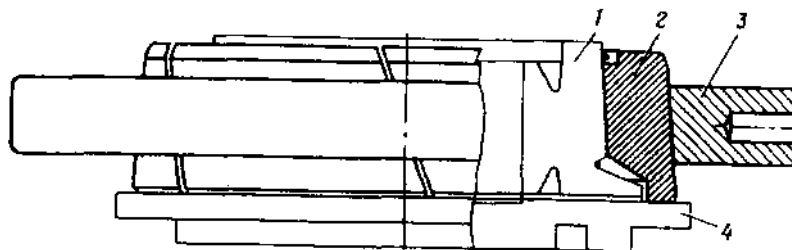


Рис. 6. Кільце для опресування колектора:

1 - колектор; 2 - плашки; 3 - кільце; 4 - плита для збирання колектора

На колектор надівають опресувальне кільце, знімають бандаж із дроту. Встановлюють диск з опресовочним кільцем на плиту вертикального преса, його включають і силою 300-350 кН запресовують диск на колектор. Штангелньциркулем перевіряють рівномірність посадки кільця в чотирьох діаметрально протилежних точках. Знявши з преса плиту з колектором пластин індикаторною скобою заміряють діаметр колектора, забезпечивши його номінальний діаметр.

Після виконання вимірів плиту з колектором пластин поміщають в піч і витримують протягом 10 годин при температурі 180-200° С. Після випікання, колектор в гарячому стані встановлюють на прес і опресовують за допомогою запресовувального кільця силою 1000 кН, потім охолоджують до температури зовнішнього середовища. Охолоджену плиту з колектора знову встановлюють на прес і опресовують в холодному стані силою 1000 кН, після чого повторно нагрівають, опресовують, охолоджують, знімають плиту для збирання колектора і на токарному станку проточують «ластівчиний хвіст».

Контрольні запитання:

- 1) Як виготовляють колекторні пластини?
- 2) Як відбувається виготовлення колектора?
- 3) Яка комплектація колекторних пластин?
- 4) Як відбувається термообробка колектора?

ЛИТЕРАТУРА

1. Ю. А. Филиппов: Технология электроаппаратостроения.—Л.: Энергоатомиздат, 1987. -357 с.
2. П. В. Сахаров Технология и оборудование производства электрических аппаратов. —М.: Энергия. 1972. - 462 с.
3. Таев И. С.Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения. —М.: Энергия. 1973.-501 с.
4. Тереза Г. П. Заводские испытательные станции низковольтной аппаратуры. —М.: Машиностроение. 1968. - 437 с. .
5. Левашов Е.Д. Ремонт электроподвижного состава. —М.: Транспорт, 1967,- 308 с.
6. Денисова Т.Д. Ремонт электрооборудования тепловозов. —М .: Транспорт, 1980,- 295 с.
7. Электроподвижной состав. Эксплуатация, надежность и ремонт/ Под ред. А. Т. Головатого и П.И. Борцова. —М.: Транспорт, 1983. - 350с.
8. Левыкин Ф.В. и др. Дефектоскопия деталей локомотивов и вагонов. — М.: Транспорт I. 1974. - 227 с.
9. Горнов О.Ф. и др. Эксплуатация и ремонт подвижного состава электрических железных дорог. —М.: Трансжелдориздат 1960. - 335с.
10. Герасимов В С. и др.. Технология вагоностроения и ремонта вагонов. М.Транспорт. 1988.-381с.
11. Деповский ремонт электровозов переменного тока/ Под ред. А,Т. Головатого. —М.: Транспорт, 1976.-440 с.
12. Локомотивное хозяйство/ Под ред. С.Я. Айзинбуда. М.: Транспорт, 1986.-265 с.

Навчально-методичне видання

**Кулешов Володимир Петрович
Ревчук Михайло Олександрович**

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА І НАДІЙНІСТЬ
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ**

Методичні вказівки

**щодо підготовки та виконання практичних занять для студентів
спеціальності 7.092202 «Електричний транспорт»**

Відповідальний за випуск: Ревчук М. О.
Редактор: Щербак Н.В.
Макет і верстка Андрієнка В.О.

Підписано до друку 20.05.11р. Формат - 60x84/16. Друк - ризографія.
Папір - офсетний. Зам. № 59-2/11 . Тираж 60 прим.

Надруковано у Редакційно-видавничому центрі ДЕГУТ.
Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2010 р. Серія ДК №3079.
03049, м. Київ-49, вул. Миколи Лукашевича, 19