

АНАЛІЗ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК СТАТОРІВ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ В РІЗНИХ УМОВАХ ПЛІВКОУТВОРЕННЯ

Сотнік О. В., Індерович С. Р., Солод М. М., Терпан А. В.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Наведено, що твердість покриттів ізоляційних матеріалів залежить від технології просочування та сушіння обмоток електричних двигунів.

Постановка проблеми. Досвід експлуатації електричних машин показує, що працездатність ізоляції в значній степені залежить від фізико-механічних властивостей застосованих полімерних матеріалів та технологічного процесу просочення та сушіння обмоток електричних двигунів (ЕД) [1 – 3].

Зміна температури при операціях з просочення та сушіння обмоток вносить значний вплив на хід фізичних та хімічних процесів, які призводять до зміни експлуатаційних властивостей полімерних матеріалів.

Тому уточнення технологічних параметрів при просоченні та сушінні може забезпечити гарні результати при відновленні електричної ізоляції ЕД [1 – 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Більше 90 % промислових лаків і фарб містять розчинники, тому вивченню умов плівкоутворення відводять не останню роль у вирішенні задач підвищення якості відновлення ізоляції ЕД.

Дійсно, зневажа даними умовами навіть у разі виконання операцій з просочення та сушіння з максимальним ефектом може призвести до порушення структури покриття, і, як наслідок, погіршенню властивостей ізоляції [4 – 6].

Мета статті. Дослідження впливу технологічних факторів на показники надійності ізоляції обмоток ЕД при операціях з просочування та сушіння.

Основні матеріали дослідження. Лаки, що використовують при відновленні ізоляційних властивостей обмоток ЕД повинні мати:

- високі просочувальні властивості;
- добру цементуючу властивість, що запобігає зміщенню витків;
- не повинні м'якшати після отвердіння в обмотках при нагріванні під час роботи машини;
- повинні забезпечувати високі електричні характеристики при робочій температурі, а також зберігати дані характеристики в процесі експлуатації;
- створювати достатню еластичну лакову плівку, що буде допускати розширення та стиснення обмоток при коливаннях температури.

Якщо взяти за основу аналізу зміни властивостей ізоляції обмоток ЕД в різних умовах плівкоутворення загальну теорію системного дослідження, то стає очевидним застосування мікроскопічного підходу до розглянутої ймовірнісної системи, який забезпечує детальне вивчення поведінки кожної з її підсистем.

З кінетичної точки зору процес випаровування розчинників можна поділити на дві стадії:

- випаровування з рідкої плівки, контрольоване поверхневими явищами;

- випаровування зі сформованої твердої плівки, яке визначається дифузійними процесами у полімерному матеріалі.

Першу стадію через низьку в'язкість та наявність конвективного перемішування можна розглядати як випаровування розчинників з вільної поверхні.

Друга стадія випаровування зазвичай починається при вмісту розчинника в плівці 5 – 10 %, коли в'язкість розчину досить висока і внаслідок цього не відбувається його конвективного перемішування. Швидкість випаровування розчинників на даній стадії контролюється внутрішньою дифузією. При твердінні плівки (переході полімеру в склоподібний стан), в'язкість плівкоутворювача досягає 10^{11} - 10^{12} Па·с. У даних умовах коефіцієнт дифузії розчинників вкрай малий. Це ускладнює їх дифузне перенесення, особливо на останніх стадіях формування покриттів. Внаслідок односторонньої дифузії в плівці завжди має місце певний градієнт концентрації розчинника за товщиною: його зміст зростає від периферії до середини.

Випаровування розчинників супроводжується зміною багатьох параметрів системи: зменшується обсяг матеріалу, в основному, за рахунок товщини шару, збільшується поверхневий натяг, знижується температура плівки. Ці зміни позначаються на структурних властивостях покриттів.

Особливо сильно впливають на структурні характеристики і зовнішній вигляд покриттів природа розчинника, його термодинамічна "якість" по відношенню до плівкоутворювача, поверхневий натяг і леткість (швидкість випаровування з плівки). Найбільш якісні покриття виходять із стабільних розчинів, плівкоутворення в яких не пов'язано з фазовими перетвореннями системи. Навпаки, часто зустрічаються дефекти плівок - шагрень (апельсинова шкірка), променеподібні розводи, щільникова структура (утворення так званих осередків Бенардо), кратери - зазвичай виникають при застосуванні недостатньо гарних в термодинамічному відношенні розчинників з високим тиском парів і низьким поверхневим натягом [4, 5].

Механізм поверхневого структуроутворення полягає в наступному [5]. При випаровуванні розчинника за неоднакової концентрації розчинника в поверхневому і внутрішніх шарах створюється градієнт поверхневого натягу завтовшки з плівку:

$$\Delta\sigma = \sigma_2 - \sigma_1. \quad (1)$$

Його значення тим більше, чим більше градієнт концентрації розчинника, і тим сильніше різняться поверхневі натяги плівкоутворювача та розчинника.

Нааявність градієнта $\Delta\sigma$ викликає утворення турбулентних потоків, які й створюють відповідний рельєф його поверхні.

При досягненні високої в'язкості лакофарбового матеріалу в поверхневому шарі цей рельєф фіксується в плівці у вигляді відповідного малюнка, утворення якого небажано, так як знижується блиск і погіршується зовнішній вигляд покриття.

З іншого боку, при використанні менш леткого розчинника - циклогексанона ($\sigma = 34,5$ МДж/м²) на поверхні ізоляції утворюються рівні, без будь-якого рельєфу плівки.

Утворення кратерів - результат локальної концентрації градієнта поверхневого натягу, викликаного присутністю в плівці сторонніх включень (мікрокраплі води та інші домішки). Для виключення кратерів до складу лаків вводять домішки - речовини, що знижують поверхневий натяг плівки (кремнійорганічна рідина ПЕМ-С-1тощо). При формуванні покриттів з розчинів розрізняють два стани плівок: висихання «від пилу», коли плівка втрачає липкість, і практичне висихання, коли покриття набуває твердості, яке є необхідним для подальшої обробки виробів.

Час висихання "від пилу" зазвичай корелює з тривалістю випаровування з плівки приблизно 60 % розчинників, розтікання ж лакофарбового матеріалу по поверхні припиняється вже при випаровуванні 25 – 30 % розчинників.

Про завершеність процесу формування покриттів зазвичай судять по їх твердості, липкості, електричним параметрам. Кількісними показниками якості покриттів, що визначають термін служби лакофарбових покриттів в атмосферних умовах, можуть бути наступні оцінки розлив лакофарбового матеріалу (є важливим технологічним показником, так як тільки при гарному розливі можна отримати гладку й рівну плівку без кратерів, шагрєні тощо).

Задовільного розливу можна досягти тільки в тому випадку, коли лакофарбовий матеріал характеризується малою межею текучесті, що зберігається низьким протягом декількох хвилин після нанесення матеріалу [5, 6].

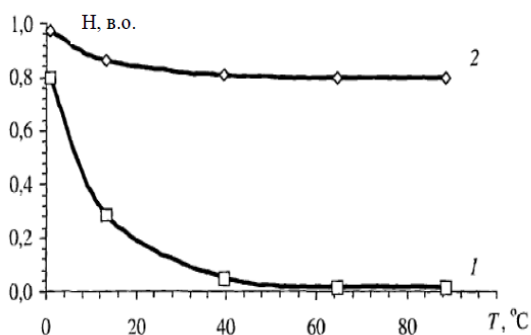


Рисунок 1 - Залежність твердості плівки лака ВЛ-51 від температури затвердіння:
1 – 1 год. при 120 °C; 2 – 1 год. при 180 °C

Висновки. Результати отримані при вимірюванні твердості Н плівок в інтервалі температур від 20 до 100 °C і представлені на рис. 1, показують, що при 40 °C твердість плівки, при затвердінні при 120 °C

починає помітно знижуватись, а при 100 °C вона знижується більш ніж у 2 рази. У той же час твердість плівки, що стає твердою при 180 °C при підвищенні температури вимірювання досягає значення 0,8 в. о. вже при 40 °C і залишається постійною аж до 100 °C. Вимірювання твердості покриттів в інтервалі температур дає можливість казати про фізичний стан плівкоутворювача та про теплостійкість покриття.

Дані дослідження дозволять внести необхідні корективи у вибір режимів термовакуумного просочення і сушіння обмоток ЕД.

Список використаних джерел

1. Дубов А. А. Проблемы остаточного стареющего оборудования / А. А. Дубов // Теплоэнергетика. – 2003. - №11. – С. 54 – 57.
2. Балахонов А. М. Методы и средства диагностики технического состояния электрифицированных машин сельскохозяйственного производства: дис. канд. техн. наук: 05.20.02 "Электрификация сельскохозяйственного производства" / А. М. Балахонов. – М.: МИИСХ им. Горячина, 1989. – 220 с.
3. Берштейн Л. М. Изоляция электрических машин общего назначения / Л. М. Берштейн. – М.: Энергоиздательство, 1981. – 226 с.
4. Хомутов О. И. Совершенствование технологии ремонта электрических машин / О. И. Хомутов. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 63 с.
5. Хомутов О. И. Повышение качества восстановления структуры электроизоляционных материалов / О. И. Хомутов // Известия высших учебных заведений. Физика. – Томск, 2000. – № 11. – С. 246 – 254.
6. Катеринский В. С. Электрические свойства лакокрасочных материалов / В. С. Катеринский. – М.: Химия, 1980 – 220 с.

Аннотация

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ ИЗОЛЯЦИИ ОБМОТОК СТАТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ПЛЕНКООБРАЗОВАНИЯ

Сотник О. В., Индерович С. Р., Солод М. Н., Терпан А. В.

Приведено, что твердость покрытий изоляционных материалов зависит от технологии пропитки и сушки обмоток электрических двигателей.

Abstract

ANALYSIS OF CHANGES IN INSULATION PROPERTIES OF THE STATOR WINDINGS OF THE ELECTRIC MOTOR AT VARIOUS FILM-FORMING CONDITIONS

O. Sotnik, S. Inderovich, M. Solod, A. Terpan

An insulation coating hardness depends on the technology leakage and drying of windings of electric motors.