

УДК 625.23.62

Василь Тарасюк

ПРОСОЧУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

У статті аналізуються фізико-хімічні властивості просочувальних лаків та полімерних компаундів, які використовуються для просочення обмоток електричних машин, а також технологічність їх використання при серійному впровадженні у виробництво.

В статье анализируются физико-химические свойства пропиточных лаков и полимерных компаундов, которые используются для пропитки обмоток электрических машин, а также технологичность их использования при серийном внедрении в производство.

The article examines the physical and chemical properties of impregnating varnishes and polymer compounds used for impregnation of windings of electrical machines and their use in technological implementation in serial production.

Ключові слова: просочувальні матеріали, полімери низької молекулярної маси, в'язкість, термообробка просочених обмоток.

У процесі ремонту або виготовлення обмоток тягових електричних машин рухомого складу, технологічний цикл просочення є найважливішим при формуванні якісної і надійної ізоляції. Просочення обмоток необхідне для заповнення пор та пустот усіх шарів ізоляції, щоб у кінцевому результаті отримати монолітну структуру навколо провідників. Неправильний вибір матеріалу або технологічних режимів просочення і термообробки обмоток, може призвести до того, що ізоляція матиме низьку якість з нетривалим ресурсом експлуатації.

Вибір просочувального матеріалу виконують виходячи з функціонального призначення та конструктивних особливостей обмоток, системи ізоляції, середовища експлуатації тягових електричних машин, і технологічності застосування матеріалу у виробництві. Адже окрім необхідних фізико-хімічних властивостей, просочувальний матеріал має бути простим у використанні та економічно доцільним.

Існують два види просочувальних матеріалів: лаки та компаунди. Просочувальний лак складається з твердої основи (термореактивної смоли) і органічних розчинників (зазвичай ксилол). У минулому у виробництві перевага надавалась просочувальним лакам. Для повного заповнення пор і пустот ізоляції твердою основою просочувального лаку необхідно декілька просочень з проміжним сушінням: з кожним наступним просоченням ступінь заповнення пор і пустот термореактивною смолою зростає.

© Тарасюк В. М., 2011

Перші компаунди – це виготовлені за спеціальною технологією сплави бітумів (продукти нафтопереробки), обезводненого льняного масла та канифолі. Такий склад матеріалу є термопластичним, тобто при нагріванні обмоток у процесі роботи ізоляція переходить у пластичний стан (тече). Тому, наприклад, якірні обмотки, що працюють під дією великих центробіжних сил, компаундувати цим матеріалом не можна. Попри тривалий і трудомісткий процес просочення в лаку, він залишався основним для якірних обмоток, так як його термореактивна основа (смола) при нагріванні незворотно твердне. Компаундування в основному проводилось для обмоток полюсних котушок, але не досить широко через те, що бітумні компаунди мають високу в'язкість і для їх використання потрібні спеціальні установки.

У наш час активно розвиваються технології виготовлення компаундів, основою яких є рідкі реакційно здатні полімери низької молекулярної маси (олігомери). До складу таких компаундів додають спеціальні реагенти (затверджувачі, ініціатори) за допомогою яких під дією тепла або ультрафіолетового світла просочувальний матеріал незворотно переходить у твердий стан. Висока цементуюча здатність олігомерів дає змогу використовувати їх для просочення всіх обмоток електричної машини.

У табл.1 і табл.2 наведені основні фізико-хімічні властивості просочувальних лаків і компаундів відповідно до вимог нормативної документації.

Таблиця 1. Фізико-хімічні властивості просочувальних лаків

Найменування показників	Од. вим.	ФЛ-98	КО-916	ПЕ-993ЕП
Клас нагрівостійкості	–	В	Н	Ф
Масова доля летких речовин	%	50-54	67±2	55-65
В'язкість за ВЗ 246 при 20°C	с	35-60	45-65	40-110
Час висихання лакової плівки до ступеня 3, не більше, за температури	хв.	120/120°C	15/180°C	120/140°C
Час просихання в товстому шарі, не більше, за температури	год.	16/120°C	–	6/140°C
Електрична міцність плівки не менше, за температури (15–35) °C	МВ/м	75	70	80

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості компаундів

Найменування показників	Од. вим.	КП-34	КП-105	Елпласт-155 ИД (А)
Клас нагрівостійкості	–	Ф	Ф	Ф
В'язкість за ВЗ 246 при 20°C	с	50-110	50-110	40-100
Час висихання лакової плівки до ступеня 3, не більше, за температури	хв.	30/125°C	30/15°C	30/130°C

Час просихання в товстому шарі, не більше, за температури	год.	–	30/155 ⁰ С	6/140 ⁰ С
Електрична міцність плівки не менше, за М(15-35) ⁰ С 45–75 %	МВ/м	22	18	22
Життєздатність із введеним затверджувачем (ініціатором)	доба	10	180	180

Із порівняння характеристик видно, що, на відміну від лаку, компаунди не містять у своєму складі розчинників, тому процес просочення може бути одноразовим. Компаунди мають значно менший час просихання і ширший діапазон зміни в'язкості порівняно з лаками, що є досить зручним у серійному застосуванні. Так, на рис. 1, 2, 3 зображені графіки зміни в'язкості просочувальних матеріалів під час виробничого процесу просочення обмоток тягових електричних машин електропоїздів протягом 8 місяців. З них видно, що на відміну від компаунду всі просочувальні лаки потребують додаткового коригування в'язкості шляхом розбавлення розчинниками (при зростанні в'язкості) або додавання лаку з більшою масовою часткою твердої основи (при зменшенні в'язкості).

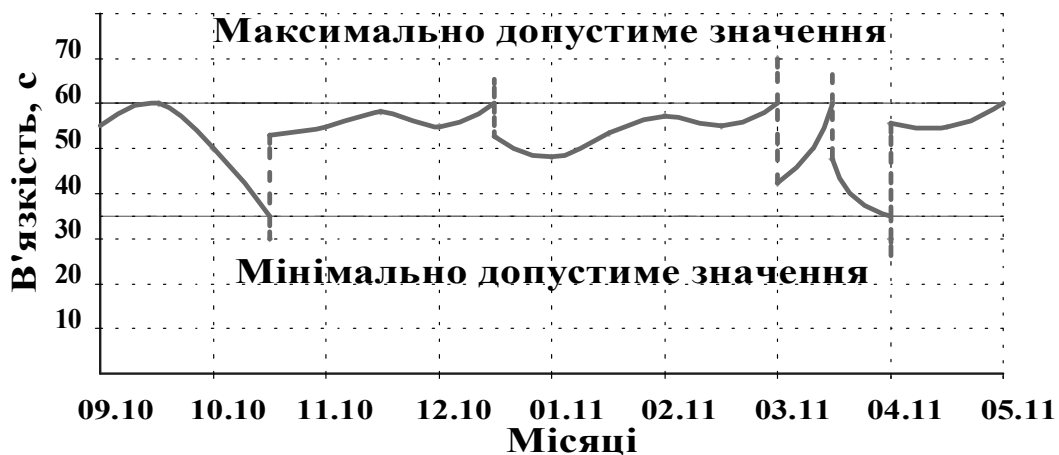


Рис. 1. Зміна в'язкості лаку ФЛ-98 ГОСТ8865-87 у виробничому процесі просочення якірних і полюсних обмоток ТЕД електропоїздів

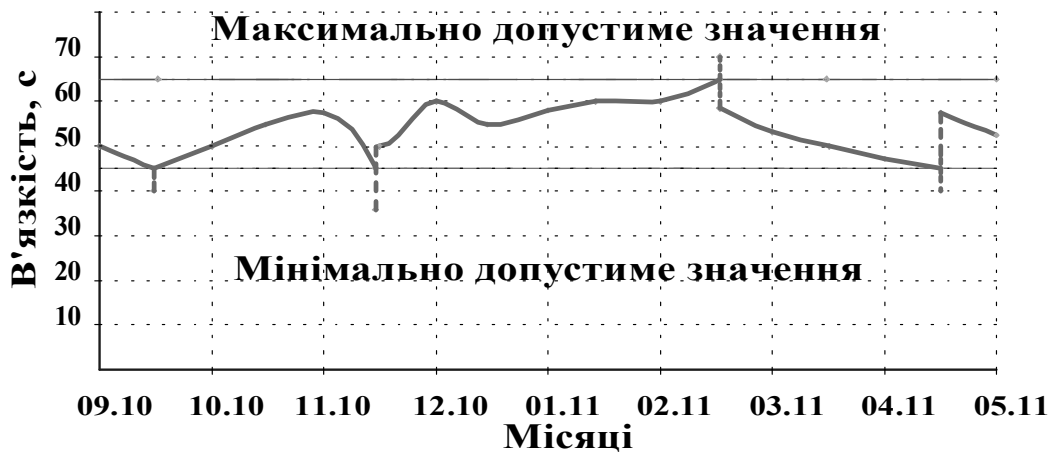


Рис. 2. Зміна в'язкості лаку КО-916 ГОСТ у виробничому процесі просочення якірних обмоток допоміжних електричних машин електропоїздів

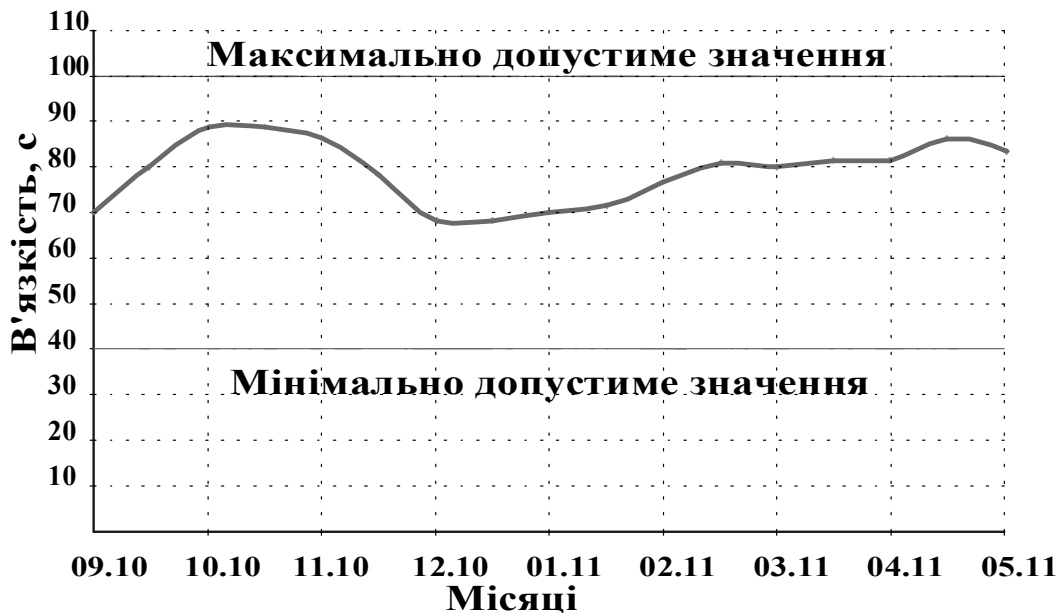


Рис. 3. Зміна в'язкості компаунду «Елпласт-155 ИД(А)» у виробничому процесі якірних обмоток ТЕД електропоїздів

Порівнюючи між собою марки компаундів, зазначені в табл. 2, бачимо, що їхні характеристики приблизно однакові. Однак треба звернути увагу на термін життєздатності та спосіб застосування даних просочувальних матеріалів. Так, компаунд марки КП-34 із введеним ініціатором має термін життєздатності всього 10 діб, що значно зменшує його плюси порівняно з іншими компаундами. Використання цього матеріалу для просочення обмоток тягових електричних машин у виробничому процесі буде недоцільним. Компаунди марок КП-105 та «Елпласт-155» із введеним ініціатором мають регламентований термін

життєздатності 180 діб. Проте компаунд «Елпласт-155» при періодичному «омолодженні», яке відбувається під час додавання матеріалу в просочувальну установку при зменшенні необхідного рівня, не втрачає своїх властивостей упродовж усього часу використання, що підтверджується лабораторними аналізами. Рекомендований спосіб застосування компаунду КП-105 – крапельний (струменевий), компаунду «Елпласт-155» – вакуум-нагнітаючий або зануренням. У цьому плані перевага надається останньому, адже на більшості ремонтних підприємств установлені вакуум-нагнітаючі установки.

Режими просочення обмоток як лаком, так і компаундом, вибирають виходячи із конструктивних особливостей. Термообробка обмоток просочених у компаунді проходить при одному температурному режимі, а обмоток, просочених лаком, – у двох. Це викликано наявністю великої кількості розчинників в складі просочувального матеріалу. Для видалення летких речовин із глибоких шарів ізоляції обмотки спочатку сушать за температури від 70⁰С до 80⁰С, щоб не відбувалось інтенсивного випаровування, яке може призвести до витіснення лаку із пор та капілярів ізоляції. Потім режим перемикають на температуру, за якої відбувається цементация твердої основи. Така особливість знижує технологічність лаків порівняно з компаундами.

Враховуючи той фактор, що за надійністю полімерні компаунди перевищують просочувальні лаки, впровадження їх у виробництво не тільки забезпечує формування ізоляції обмоток тягових електричних машин вищої якості, а й дозволяє значно оптимізувати технологічний процес просочення і скоротити витрати на електроенергію при сушінні обмоток. Також варто зазначити, що властивості полімерних компаундів у складі ізоляції обмоток тягових електричних машин рухомого складу до кінця не визначені. Упровадження цих матеріалів відбулося відносно недавно, а тому питання визначення діелектричних і механічних властивостей в експлуатації, зміна структури матеріалу при перевищенні температурних режимів роботи електричних машин потребують аналізу і додаткових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. *ГОСТ 12294-66*. Лак электроизоляционный пропиточный ФЛ-98. Технические условия.
2. *ТУ 2257-101-05758799-2003*. Компаунд «ЭЛПЛАСТ-155 ИД».
3. *ГОСТ 16508-70*. Лаки кремнийорганические электроизоляционные. Технические условия.
4. *Каталог продукции ЗАО «Электроизолит»*. Электроизоляционные материалы и системы // 2007. – С. 2–3.
5. *Френкель Е. Б., Комолов В. Г., Файб С. И.* Ремонт электрических машин электроподвижного состава и тепловозов. – М.: Транспорт, 1966. – 452 с.
6. *Данилевский В. И., Мельник Т. М., Данилевский В. В.* Влияние свойств электроизоляционных материалов на долговечность эксплуатации тяговых электродвигателей локомотивов и электропоездов// Локомотивинформ. – 2009.– № 9. – С.4–8.