

**В.Я. Чабанний, проф., канд. техн. наук, І.М. Соколенко, доц., канд. техн. наук,  
М.В. Онолов, магістрант, О.М. Кальченко, студент**  
*Кіровоградський національний технічний університет*

## Аналіз технології нанесення полімерних матеріалів у вузлах тертя сільськогосподарських машин

В роботі визначені оптимальні технологічні режими нанесення тонкошарових покриттів: температура розплаву – 523 °К; час витримки плунжера під тиском – 20 с; питомий тиск розплаву 30 МН/м<sup>2</sup>; температура нагрівання деталі – 523 °К; температура нагрівання пресформи – 363 °К. Виявлений режим термічної обробки, дозволяє одержувати максимальні значення мікротвердості; межі міцності при розтягу та міцність зчеплення тонкошарових покриттів. Найбільш сприятливим середовищем термічної обробки є масло МС-20: температура – 433 °К; час ізотермічної витримки в маслі –  $2,88 \cdot 10^3$  с; швидкість охолодження –  $0,7 \cdot 10^{-2}$  град/с.  
**лиття під тиском, розплав полімеру, термічна обробка, надферолітні утворення, структура покриття**

Широке розповсюдження методу лиття під тиском на ремонтно-обслуговуючих підприємствах автомобільного транспорту і агропромислового комплексу дозволяють наносити композиційні покриття як на внутрішні, так і на зовнішні поверхні, що значно спрощує технологію виробництва. Крім того, при відновленні деталей типу вал залишкові напруження сил усадки полімеру співпадають з напрямком сил адгезії (на відміну від інших антифрикційних матеріалів) в результаті чого покриття може утримуватися на валу без особливо ретельної підготовки деталі, що покривають.

Проведений аналіз технологічного процесу нанесення покриттів із полікапролактама на деталі машин методом лиття під тиском і результати попередніх досліджень показали, що найбільше значення із параметрів, які впливають на властивості полімерних покриттів є температура розплаву; питомий тиск розплаву; час витримки плунжера під тиском; температура деталі та пресформи; режим термічної обробки.

Визначені оптимальні технологічні режими нанесення тонкошарових капролактамових покриттів методом лиття під тиском: температура розплаву – 523 °С; питомий тиск розплаву – 30 МН/м<sup>2</sup>; час витримки плунжера під тиском – 20 с; температура деталі – 523 °С; температура пресформи – 363 °К. Найбільш сприятливим середовищем термічної обробки є масло МС-20: температура масла – 433 °К; час ізотермічної витримки –  $2,88 \cdot 10^3$  с; швидкість охолодження –  $0,7 \cdot 10^{-2}$  град/с.

Твердість покриттів оцінювалася по мікротвердості на приладі ПМТ-3 при навантаженні 0,98 Н; тривалість навантаження – 15 с; тривалість взаємодії навантаження – 30 с.

Межу міцності при розтягу визначали на зразках за ГОСТ 11265-65, які мають форму двобокової лопатки. Руйнівне зусилля вимірювали на розривній машині МР-0,5 із швидкістю прикладання деформації  $0,2 \cdot 10^{-3}$  м/с.

Міцність зчеплення покриттів із капролактаму з металевою підкладкою визначалась способом рівномірного відривання за методом штифтів. Зразки для досліджень виготовляли із сталі 45 у вигляді штифтів діаметром 8 мм і планок-підкладок, зібраних в блоки. Експериментально встановлена швидкість нижнього зажиму розривної машини МР-0,5 –  $1,0 \cdot 10^{-3}$  м/с, при якій швидкісна залежність міцності зчеплення перестає проявлятися.

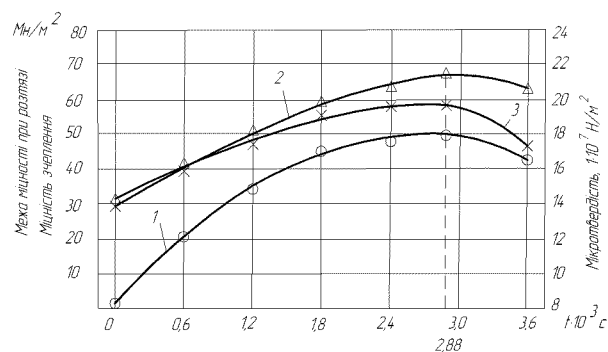
Антифрикційні властивості полімерних покриттів вивчалися на переобладнаній машині тертя СМЦ-2 на зразках вал – частковий вкладиш. Температура в зоні тертя

фіксувалася ХК термопарою ( $\varnothing 0,4 \cdot 10^{-3}$  м). В якості реєструючого приладу використовувався записуючий і показуючий потенціометр ПСМ2-01. З валом приводу нижнього зразка жорстко з'єднаний індуктивний безконтактний датчик, який вимірює момент тертя і видає пропорційний йому електричний сигнал на електронний потенціометр ПСР 1-01.

Щоб точніше відтворювати певні реальні умови роботи антифрикційних матеріалів в якомусь типі спряження порівняльні випробування зносостійкості різних матеріалів проводились за схемою вал – втулка. При цьому вимірювання всіх контролюємих величин здійснювався аналогічно описаному вище, за винятком температури в зоні тертя, яка фіксувалася ХК термопарою, що знаходиться у втулці на відстані  $1,5 \cdot 10^{-3}$  м від поверхні тертя.

Знос зразків визначали мікрометруванням на універсально вимірювальному мікроскопі УИМ-21 з точністю до  $0,5 \cdot 10^{-6}$  м. Для виключення впливу вологовмісту при зважуванні зразки попередньо промивалися у спирті і просушувалися в термошафі при температурі  $375 \pm 2$  °К протягом  $3,6 \cdot 10^8$  с.

Механічні властивості покриттів із полікапролактаму містять в собі лише частину теоретично можливої міцності цього матеріалу і тільки термічна обробка може наблизити її до максимуму. Результати досліджень показали, що швидкість нагрівання деталі при термообробці не має суттєвого впливу на зміну фізико-механічних властивостей. У зв'язку з цим деталі з полікапролактамовими покриттями занурювались безпосередньо в масляну ванну (МС-20) для ізотермічної витримки. У міру збільшення температури масляної ванни спостерігається плавне вирівнювання мікроструктури зразків по перетину і збільшення мікротвердості, межі міцності і адгезійної міцності, максимум яких досягається при температурі 433 °К (рис. 1). Виникнення подібних структур пояснюється тим, що під дією тепла пачки капролактамових ланцюгів стають дуже рухливими і добре вкладаються в упорядковані кристалічні форми (рис. 2).

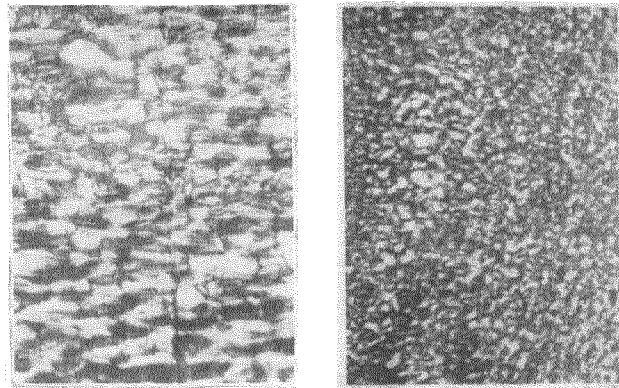


1 – мікротвердість; 2 – межа міцності; 3 – міцність зчеплення

Рисунок 1 – Залежність мікротвердості, межі міцності і адгезійна міцність полікапролактамових покриттів від часу ізотермічної витримки в масляній ванні (МС-20).

Дослідженнями структури встановлено, що при температурах, які трохи перевищують температуру плавлення, в розплавах полімерів існують впорядковані мікрообласті. Однак подальшому впорядкуванню і утворенню стійких зародків перешкоджає дезорієнтуючий вплив теплового руху матеріалу. При переробці цього матеріалу утворюються крупніші структурні утворення (рис. 2а) у вигляді окремих блоків і стрічок феролітів. Причина утворення таких великих надферолітних утворень полягає в тому, що, не дивлячись на наявність в плавильному циліндрі преса розсікача (експоненціального концентратора), розплав капролактаму рухається по циліндру поступально ламінарним потоком без перемішування окремих шарів при падаючому тепловому градієнті від зовнішніх шарів до центру. Це створює сприятливі умови для росту великих сферолітів і надсферолітних утворень. Нерівномірність структур по перерізу і їх різна деформованість під впливом зовнішнього тиску призводить до виникнення локальних перенапружень одиничних об'ємів матеріалу, що є причиною зниження міцності і антифрикційних властивостей покриттів.

Зміну надмолекулярної організації полімерів при термічній обробці слід виділяти від загального процесу утворення структури матеріалу при звичайних умовах лиття. При термічній обробці в масляній ванні МС-20 структура капролактамового покриття виявляється однорідною дрібноферолітною (рис. 2 б).



а – без ізоtermічної обробки; б – після термічної обробки в маслі МС-20  
Рисунок 2 – Надмолекулярна структура капролактаму (x200).

Найбільший вплив на властивості полікапролактамових покриттів має час ізоtermічної витримки у масляній ванні. При послідовному збільшенні часу ізоtermічної витримки від 0 до  $2,88 \cdot 10^3$  с спостерігається різке підвищення всіх досліджуваних властивостей: мікротвердість, межа міцності і міцність зчеплення підвищуються відповідно на 33,7; 43,6 і 52,0 % (рис. 1). Підвищення цих властивостей відбувається головним чином за рахунок інтенсивного протікання механохімічних реакцій і процесів перекристалізації, що сприяють підвищенню середньої молекулярної ваги (СМВ) матеріалу покриття. Вид, розташування і величина сферолітів при мікроскопічному аналізі показали, що подальше збільшення часу термообробки призводить до зростання зерен, який і є основною причиною зниження фізико-механічних властивостей полікапролактамових покриттів.

Механічні і антифрикційні властивості високомолекулярних сполук можуть бути суттєво покращені введенням активних наповнювачів і пластифікаторів. Аналізуючи результати досліджень (рис. 3), приходимо до висновку, що покриття з полікапролактаму з окисом заліза і параксиліолом (КЖК) мають найменший приведений знос, який дорівнює  $1,58 \cdot 10^{-7}$  м/мм<sup>2</sup>.

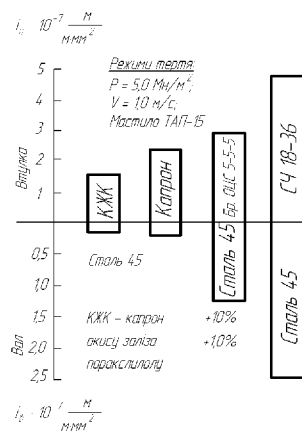


Рисунок 3 – Графік залежності приведенного зносу деталей спряженої пари.

Знос таких покриттів менше зносу бронзи БР. ОЦС 5-5-5, чавуну СЧ 18-36 і капронового покриття, відповідно, в 1,88; 3,04 і 1,5 рази.

## Список літератури

1. Лауш П.В., Василенко І.Ф., Лесюк Т.П. та ін. Технічне обслуговування та ремонт сільськогосподарської техніки. Підручник. Книга 1. – Кіровоград: «Полімед-сервіс», 2007. – 464 с.
2. Власенко Н.В., Черновол М.І., Чабанний В.Я. Восстановление изношенных деталей тонкостенными покрытиями. Учебное пособие. К: Изд-во „Высшая школа”, 1989. – 96 с.
3. Чабанний В.Я., Соколенко І.М. Використання пластичних мас при виготовленні і відновленні підшипників ковзання с.г. техніки. Наука – виробництву, 2008. Тези доповідей на XVII науковій конференції студентів та магістрантів та XXXIX науковій конференції аспірантів та викладачів, 2008. С. 107-111.

*В. Чабанний, І. Соколенко, М. Онолов, О. Кальченко*

### **Анализ технологии нанесения полимерных материалов в узлах трения сельскохозяйственных машин**

В работе определены оптимальные технологические режимы нанесения тонкослойных покрытий: температура расплава – 523 °К; время выдержки плунжера под давлением – 20 с; удельное давление расплава 30 МН/м<sup>2</sup>; температура нагревания детали – 523 °К; температура нагревания прессформы – 363 °К. Установленный режим термической обработки позволяет получать максимальные значения микротвердости; границы прочности при розтягженні та прочность сцепления тонкослойных покрытий. Наиболее благоприятной средой термической обработки является масло МС-20: температура – 433 °К; время изотермической выдержки в масле –  $2,88 \cdot 10^3$  с; скорость охлаждения –  $0,7 \cdot 10^{-2}$  град/с.

*V. Chabanniy, I Sokolenko, M. Onolov, O. Kalchenko*

### **Analysis of technology of causing of polymeric materials in the knots of friction of agricultural machines**

In the article it is determined the optimum technological modes of causing of thinlayered coverages: temperature of fusion – 523 °K; time of self-control of plunzher under constraint – 20 with; specific pressure of fusion 30 MN/m<sup>2</sup>; temperature of heating of detail – 523 °K; temperature of heating of platform – 363 °K. Found out the mode of heat treatment, allows to get the maximal values of microhardness; scopes of durability at stretching that durability of tripping of thinlayered coverages. The most favorable environment of heat treatment is butter MS-20: by a temperature – 433 °K; time of isothermal self-control is in butter –  $2,88 \cdot 10^3$  s; cooling speed –  $0,7 \cdot 10^{-2}$  deg/s.

Одержано 28.04.10