

ПЕРЕВІРКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН, ОТРИМАНИХ ІЗ ПОЛІМЕРІВ В УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ПОЛІ*

Підвищення надійності роботи сільськогосподарських машин, як однієї найважливіших передумов для успішного зростання ефективності сільськогосподарського виробництва, можливе за рахунок використання нових конструкційних рішень, освоєння та впровадження зносостійких матеріалів, в тому числі й поліамідних, використання передових технологій виготовлення деталей та вузлів. Зазначене особливо важливе відносно посівних машин, так як польові роботи проводяться в короткі терміни з дотриманням жорстких агротехнічних вимог. Реалізація на практиці цих вимог можлива при досягненні належного рівня безвідмовності роботи сівалок, зниженні трудомісткості їхнього технічного обслуговування, підвищенні термінів служби агрегатів, зменшенні номенклатури і числа запасних частин.

Важливим резервом підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки, економії матеріальних і трудових ресурсів є виготовлення деталей і вузлів з матеріалів з необхідними фізико-механічними характеристиками, а також їхнє відновлення.

За даними статистичних досліджень від 65% до 75% деталей сільськогосподарської техніки підлягають відновленню [1]. Ефективність їхньої повторної експлуатації досить висока. Встановлено, що найбільш інтенсивно зношуються робочі поверхні деталей типу тіл обертання (до 52% від загальної кількості деталей різної форми) [2]. Деталі циліндричної групи — вали, а також підшипники ковзання, — є одними з найбільш поширених деталей сільськогосподарських машин, від технічного стану яких залежить працездатність тракторів, комбайнів і іншої техніки.

Одним з методів відновлення зношених поверхонь підшипників ковзання є нанесення тонкошарових полімерних покриттів з термопластичних матеріалів з використанням різних наповнювачів. Використання ультразвукового впливу в процесі відновлення дозволяє поліпшувати експлуатаційні характеристики готового виробу [3].

Об'єктом даного дослідження є технологічний процес відновлення деталей типу втулок полімерними покриттями, що наносяться литтям під тиском в ультразвуковому полі.

Поставлена задача — підвищення якості відновлення деталей типу тіл обертання полімерними покриттями в ультразвуковому полі. Вирішення її зво-

* Доповідь на третій міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми конструирования производства и эксплуатации сельскохозяйственной техники", яка відбулася 26 - 28 вересня 2001 року в м. Кіровограді.

дилося до побудови і використання математичної моделі процесу відновлення з залученням математичного апарату [4].

Аргументами при побудові математичної моделі для склонаповнених поліамідів КПС-30, ПА12 ВС, П68 ВС є технологічні параметри ультразвукового впливу, а коефіцієнти регресії представлені через функціональні залежності від фізико-механічних характеристик полімерної сировини. Вхідні параметри: A — амплітуда коливань ультразвукового випромінювача (мкм), t — час озвучування (с), Hb — твердість полімерної сировини ($\times 10^7$, Н/м²), G — межа міцності при вигині полімерної сировини ($\times 10^5$, Н/м²), Z — ударна в'язкість полімерної сировини ($\times 10^3$, Нм/м²), Tct — теплостійкість по Мартенсу полімерної сировини (°С). Вихідні характеристики: Hb — твердість полімерного покриття відновленого виробу ($\times 10^7$, Н/м²), σ_{ct} — межа міцності при стиску ($\times 10^5$, Н/м²), α — ударна в'язкість ($\times 10^3$, Нм/м²), I — спрацювання (мкм), k — коефіцієнт тертя, T — температура в зоні тертя (°С).

Застосування методики математичної обробки даних експериментальних досліджень [5, 6] дозволяє одержувати рівняння регресії для розглянутих функцій відгуку. Ці рівняння установлюють функціональний зв'язок між значеннями трьох груп показників: фізико-механічними характеристиками полімерної сировини, технологічними параметрами ультразвукового впливу і показниками якості покриття, і дозволяють керувати якістю деталей, відновлених полімерами в ультразвуковому полі.

Так, наприклад, була отримана формула, що дозволяє зв'язати спрацювання як функцію подвійної амплітуди ультразвукових коливань з фізико-механічними властивостями вихідного матеріалу:

$$I(A, Hb, Tct, G) = A_{Hb} - B_{Hb} \cdot Hb + C_{Hb} \cdot Hb^2 - (A_{Tct} - B_{Tct} \cdot Tct + C_{Tct} \cdot Tct^2) \cdot A + (A_G - B_G \cdot G + C_G \cdot G^2) \cdot A^2, \quad (1)$$

де $I(A, Hb, Tct, G)$ — спрацювання, як функція подвійної амплітуди ультразвукових коливань і властивостей полімерної сировини.

Результати теоретичних досліджень відображені на рисунку 1.

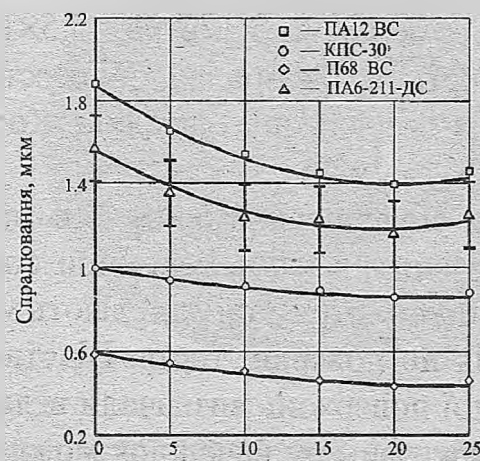


Рисунок 1 — Залежність "спрацювання — амплітуда коливань ультразвукового випромінювача"

Перевірку математичної моделі, представлені рівнянням (1), проводили на поліаміді марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79. При цьому були здійснені випробування на спрацювання полімерного покриття по сталевому шліфованому валу або ролику, які найбільш повно імітують умови експлуатації більшості з'єднань у машинах і механізмах сільськогосподарської техніки [7].

При постановці випробувань на спрацювання велике значення має вибір методу визначення спрацювання для одержання достовірних даних досліджень. У процесі проведення прискорених іспитів на зносостійкість у лабораторних умовах величина спрацювання в більшості випадків оцінюється шляхом зважування на аналітичних вагах [7]. З огляду на перенос метала на поверхню пластмас при ковзанні полімеру по металу, водо- та мастилопоглигання композицій з поліамідів, а також можливість відриву від поверхні композиції одиничних скловолокон, ваговий метод є непридатним.

Точним методом є визначення спрацювання зразків за допомогою профілографа-профілометра, що на відміну від вагового методу дозволяє фіксувати характер спрацювання робочої поверхні зразка. З огляду на те, що в процесі випробувань значення величин спрацювання значно перевищують висоту мікронерівностей, що відповідають граничному класу виміру приладу, застосування профілографів-профілометрів також є не ефективним.

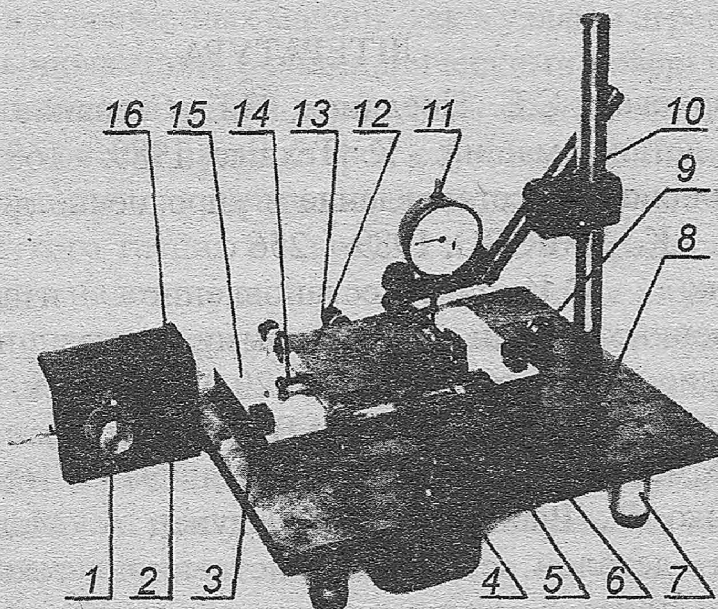
Виходячи з цього була розроблена і виготовлена конструкція приладу для виміру зносу полімерних покриттів (рисунок 2) [8]. Дослідження на зносостійкість композиційних покриттів проводилося на машині тертя МІ-1М за схемою вал-частковий вкладиш відповідно до вимог ГОСТ 11629-75 із постійною швидкістю ковзання 1 м/с.

Композиція з поліаміду марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79 наносилася на підкладку в спеціальній прес-формі (рисунок 3), конструкція якої забезпечувала одержання рівномірної товщини покриття з поверхнею тертя 2×10^{-4} м². Ширина сталевого сегмента з нанесеним шаром композиції складала 1.2×10^{-2} м. За контртіло, що стирає, застосовували ролик діаметром 4×10^{-2} м і шириною 10^{-2} м зі сталі 45 ГОСТ 1050-90 із твердістю робочої поверхні 45...48 НРС_с. Спрацювання покриттів здійснювалося зі змащенням мастилом індустріальним - И-10, щоб уникнути схоплювання поверхонь тертя. Температура в зоні тертя фіксувалася хромель-копелевою термопарою діаметром $3,5 \times 10^{-4}$ м, установлені на поверхні тертя контртіла, що стирає. За прилад, що реєструє, служив потенціометр постійного струму ГПП-1 із дзеркальною шкалою. Коефіцієнт тертя визначався відповідно до вимог ГОСТ 11629-75.

Визначення величини спрацювання поверхонь проводилось за методикою, яка викладена в роботі [8]. Визначення величини спрацювання визначалося в декількох площинах; при цьому отримані дані дають можливість аналізувати характер зміни спрацювання по поверхні тертя. Відстань між середніми лініями профілів базової і зношеної поверхонь визначали величину спрацювання.

Для зменшення похибки виміру внаслідок можливого нерівномірного зносу по дузі і по твірної покриття зразок вимірювався у восьми рівновіддалених радіальних перетинах по настановним рискам на бічній поверхні сегментів, на-

несених через рівні кути. Після цього розрахунковим шляхом визначали середнє значення величини спрацювання. Точність виміру складала 0,5 мкм. Шлях тертя визначався по лічильнику. Методика досліджень [8] передбачає зміну питомих навантажень у діапазоні від 2 до 10 МН/м² при постійній швидкості ковзання. Перед проведенням досвідів усі покриття прироблювали з контртілом, яке стирає, вимірювали, а потім випробували. У роботі [7] визначається, що для зіставлення умов роботи вузлів тертя, знос виражається в безрозмірних одиницях. У зв'язку з цим результати випробувань переводили в безрозмірні одиниці.



1 — ролик ведучий; 2 — тросик (струна); 3 — кінцеві вимикачі; 4 — тумблер трьохпозиційний; 5 — затискний пристрій; 6 — зразок; 7 — опора; 8 — основа; 9 — ролик ведений; 10 — штатив; 11 — індикаторна головка ІІГМ; 12 — рухлива плита; 13 — юстировочні гвинти; 14 — натяжний гвинт; 15 — нерухома плита; 16 — електродвигун реверсивний РД-60.

Рисунок 2 — Прилад для вимірювання величини спрацювання

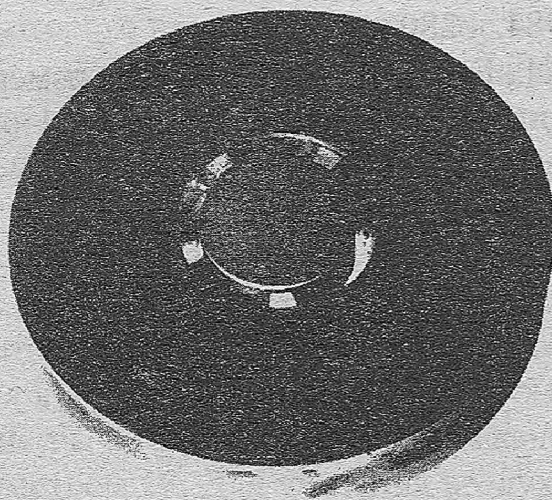


Рисунок 3 — Вкладиш до прес-форми для виготовлення зразків із поліамідних композицій з накладенням ультразвуку для випробувань на спрацювання

На рисунку 1 представлені результати перевірки математичної моделі спрацювання I як функції подвійної амплітуди ультразвукових коливань A та фізико-механічних властивостей вихідного матеріалу ($Hb=22 \times 10^7$ Н/м²; $G=2100 \times 10^5$ Н/м²; $Z=45 \times 10^3$ Нм/м²; $T_{ct}=190$ °С). Аналіз теоретичної кривої спрацювання, побудованої для поліаміду марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79 відповідно до математичної моделі (1), та результатів експериментальних даних впливу ультразвукового випромінювання на величину спрацювання композицій з поліаміду ПА6-211-ДС свідчить про достатній збіг теоретичних і практичних результатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. М.И. Черновол, С.Е. Поединок, Н.Е. Степанов. Повышение качества восстановления деталей машин. - К.: Техніка, 1989. - 168 с.
2. М.И. Черновол. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники. - К.: УМК ВО, 1989. - 256 с.
3. Василенко Ф.И. Восстановление изношенных деталей сельскохозяйственных машин полиамидными композициями в ультразвуковом поле. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.03. - Минск, 1985. - 24 с.
4. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. - К.: Техніка, 1975. - 168 с.
5. Лукьяненко Л., Василенко Ф., Федунец А. Моделирование процесса восстановления деталей сельскохозяйственной техники полимерами в ультразвуковом поле // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. - Кіровоград: КДТУ, 2000. - Вип. 29. - С. 288 - 293.
6. Ф.И. Василенко, Л.П. Лукьяненко. Прогнозирование износа деталей, восстановленных полимерными покрытиями, полученными с использованием ультразвуковой обработки // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування. - Кіровоград: КІСМ, 1998. - Вип. 2. - С. 166 - 170.
7. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы трения машин: Справочник. - М.: Машиностроение, 1984. - 280 с.
8. Василенко Ф.И., Булей И.А. Прибор для измерения износа поверхностей // Измерительная техника. - №8. - 1982. - С. 17 - 21.