

УДК 631.331.54

Ф.І. Василенко, проф., канд. техн. наук, В.В. Свяцький, канд. техн. наук, Л.П. Свяцька, асист.

Кіровоградський національний технічний університет

Керування якістю деталей, отриманих із склонаповнених поліамідів в ультразвуковому полі

Представлене теоретичне і експериментальне дослідження, математичні моделі для проведення комплексної техніко-економічної оцінки маршрутної технології з метою отримання (або відновлення) деталей зі склонаповнених поліамідів з наперед заданими фізико-механічними властивостями.

поліаміди, склонаповнені, відновлення, модифікатор, функціональні пластмаси, лиття під тиском, ультразвук, математична модель

Підвищення надійності роботи сільськогосподарських машин, як однієї з найважливіших передумов для успішного зростання ефективності сільськогосподарського виробництва, можливе за рахунок використання нових конструкційних рішень, освоєння і впровадження зносостійких матеріалів, в тому числі із склонаповнених поліамідів, використання передових технологій виготовлення деталей і вузлів. Зазначене є особливо важливим 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 можливість їхнього 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 підвищити експлуатаційні характеристики готового виробу [3].

В даний час прогноз розвитку поліамідних композиційних матеріалів в Україні оцінюється як сприятливий. На це вказують як загальні тенденції в промисловості, так і відносно невелике використання інженерних пластиків на душу населення, що складає приблизно 0,25 кг (у західній Європі ця величина складає приблизно 3,5 кг).

Стрімкий розвиток промисловості поліамідних склонаповнених композицій за останні десять років відбувається завдяки створенню спеціальних добавок, які

дозволяють поліпшити умови переробки полімерів і, як наслідок, підвищити фізико-механічні властивості пластмасових виробів. Так, наприклад, добавка модифікатора переробки пластмас КЭМПОЛ [4] в полімерні композиції в кількості від 0,005% до 0,3% дає можливість знизити температуру переробки; збільшити зміст наповнювача; підвищити плинність розплаву; переробляти вторинні полімери з одержанням кондиційних виробів; різко знизити, а у багатьох випадках, практично виключити спрацювання литкового устаткування і прес-форм. Останній фактор є особливо важливим при переробці склонаповнених матеріалів; з цієї причини до недавнього часу більшість споживачів відмовлялась від переробки склонаповнених поліамідів з-за швидкого спрацювання прес-форм, навіть незважаючи на переваги таких матеріалів над іншими полімерами.

Також необхідно відзначити, що більшістю виробників поліамідів взятий курс на власні рецептурно-технологічні розробки і створення на їхній основі фірмового марочного асортименту пластмас, які мають яскраво виражені спеціальні властивості, що не є характерними для базових полімерів (так звані „функціональні пластмаси” [5]).

Водночас, перед конструкторами і технологами стає нелегкий вибір марки матеріалу для виробу, що проектується (або відновлюється). Утруднене проведення комплексної техніко-економічної оцінки проекту, основними критеріями якої є: можливість одержання якісного виробу на наявному або доступному устаткуванні, продуктивність процесу і мінімальна вартість виробу. При цьому ціна матеріалу не є однозначним критерієм. Мінімізація витрат може бути забезпечена, наприклад, при використанні більш дорогих, але більш міцних матеріалів, що дозволяють зменшити товщину стінки (ваги) виробу. Таким чином, вибір матеріалу пов'язаний не тільки із задачею оптимізації конструкції виробу, а і з вибором найкращого технологічного маршруту переробки і конструкції прес-форми.

Відповідно до вище наведеного у Кіровоградському національному технічному університеті проведено комплексне теоретичне і експериментальне дослідження процесу виготовлення і відновлення деталей із поліамідної сировини литтям під тиском під впливом ультразвуку [6]. Використання ультразвукового впливу на прес-форму під час формування в ній деталі (або нанесення покриття на зношені поверхні деталі) дозволяє значно поліпшити експлуатаційні характеристики готового (або відновленого) виробу.

Об'єктом даного дослідження є технологічний процес виготовлення (або відновлення) деталей із склонаповнених поліамідів литтям під тиском в ультразвуковому полі.

Поставлена задача – підвищення якості виробів із склонаповнених поліамідів в ультразвуковому полі. Вирішення її зводилося до побудови і використання математичної моделі процесу отримання (або відновлення) деталей із склонаповнених поліамідів литтям під тиском в ультразвуковому полі із залученням математичного апарату [7]. Аргументами при побудові математичної моделі для склонаповнених поліамідів КПС-30, ПА12 ВС, П68 ВС є технологічні параметри ультразвукового впливу, при цьому коефіцієнти регресії були 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), T_{ct} – теплостійкість по Мартенсу полімерної сировини (°С). Вихідні характеристики: HV – 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 (°C).

Застосування методики математичної обробки даних експериментальних досліджень [6, 8] дозволяє одержувати рівняння регресії для розглянутих функцій відгуку. Ці рівняння встановлюють функціональний зв'язок між значеннями трьох груп показників: фізико-механічними характеристиками полімерної сировини, технологічними параметрами ультразвукового впливу і фізико-механічними показниками виробу, і дозволяють керувати властивостями деталей, які виготовляють (або відновлюють) із полімерів в ультразвуковому полі.

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

$$HB(a, Hb, Tct, Z, G) = (A_Z - B_Z \cdot Z) \cdot a^3 + (-A_{Tct} + B_{Tct} \cdot Tct) \cdot a^2 + (-A_G + B_G \cdot G) \cdot a - A_{Hb} + B_{Hb} \cdot Hb, \quad (1)$$

де $HB(a, Hb, Tct, Z, G)$ – твердість як функція подвійної амплітуди ультразвукових коливань і властивостей полімерної сировини;

A_{Hb} , B_{Hb} , A_G , B_G , A_{Tct} , B_{Tct} , A_Z , B_Z – коефіцієнти.

Результати теоретичних досліджень відображені на рисунку 1.

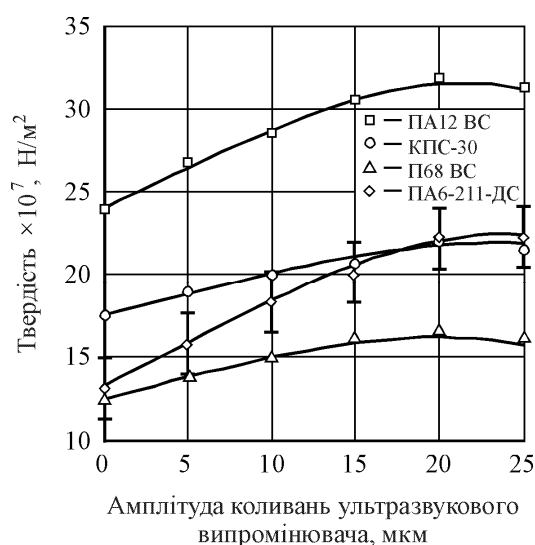
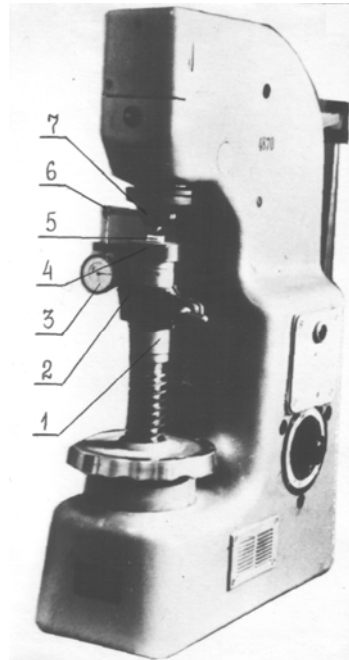


Рисунок 1 – Залежність „твердість – амплітуда коливань ультразвукового випромінювача”

Перевірку математичної моделі, представлені рівнянням (1), проводили на поліаміді марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79. При цьому були здійснені випробування на твердість поліамідних композицій за допомогою приладу ТШ-2, що обладнаний спеціально виготовленим пристроєм для виміру глибини вдавнення кульки (рис. 2).

При проведенні випробувань зразок 5 укладався так, щоб він щільно прилягав до столика 4 з метою уникнення вигинання при втискуванні сталеві кульки діаметром 5 мм. Гвинт 1 забезпечує підйом столика 4. Встановлювався контакт верхньої поверхні зразка з обмежувачем, що охоплює кулькову оправку 7. Створювалося попереднє навантаження до дотику упору 6 з індентором. Стрілка індикатора 3, який закріплено за допомогою тримача 2, виставлялася на нуль шкали і плавно прикладався зусилля

961Н протягом 30 ± 2 с. Глибина втискування фіксувалася з точністю до 10^{-5} м через 60 с після прикладення основного навантаження. Твердість зразків розраховувалася за значенням глибини вдавнення кульки у зразку відповідно до вимог ГОСТ 4670-91 (ИСО 2039/1-87) [9].



- 1 – гвинт прибору;
- 2 – державка;
- 3 – індикатор ИЧ10;
- 4 – столик пристрою;
- 5 – зразок, який випробують;
- 6 – упор;
- 7 – кулькова оправка

Рисунок 2 – Твердомір кульковий ТШ-2 із пристосуванням для вимірювання твердості поліамідних виробів

На рисунку 1 представлені результати перевірки математичної моделі твердості як функції подвійної амплітуди ультразвукових коливань A і фізико-механічних властивостей вихідного матеріалу ($Hb = 22 \times 10^7 \text{ Н/м}^2$; $G = 2100 \times 10^5 \text{ Н/м}^2$; $Z = 45 \times 10^3 \text{ Нм/м}^2$; $T_{ct} = 190^\circ \text{C}$). Аналіз теоретичної кривої твердості, побудованої для поліаміду марки ПА6-211-ДС ОСТ 6-11-498-79 відповідно до математичної моделі (1), і результатів експериментальних даних впливу ультразвукового випромінювання на твердість виробів з поліаміду ПА6-211-ДС свідчить про достатній збіг теоретичних і практичних даних.

Таким чином, представлене теоретичне і експериментальне дослідження, математичні моделі, розроблені на базі цих досліджень, можуть вдало використовуватись інженерами, конструкторами, технологами при виборі марки матеріалу для виробу, проведення комплексної техніко-економічної оцінки маршрутної технології з метою отримання (або відновлення) деталей зі склонаповнених поліамідів з наперед заданими фізико-механічними властивостями.

Список літератури

1. Черновол М.И., Поединок С.Е., Степанов Н.Е. Повышение качества восстановления деталей машин. – К.: Техніка, 1989. – 168 с.
2. Черновол М.И. 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. Автореферат дис. канд. наук 05.20.03. – Минск, 1985. – 24 с.
4. Симонов-Емельянов И.Д. Специальные добавки для повышения качества литевых изделий из полимерных композиционных материалов // Литье под давлением изделий из термопластов (Материалы семинара). – М.: ЦРДЗ, 2002. – С. 4 – 7.
5. Криваткин А.М. Функциональные пластмассы // Литье под давлением изделий из термопластов (Материалы семинара). – М.: ЦРДЗ, 2002. – С. 8 – 12.
6. Лукьяненко Л., Василенко Ф., Федунец А. Моделирование процесса восстановления деталей сельско-хозяйственной техники полимерами в ультразвуковом поле // Конструювання, виробництво і експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград: КДТУ, 2000. – Вип. 29. – С. 288 – 293.
7. Винарский М.С., Лурье М.В. Планирование эксперимента в технологических исследованиях. – К.: Техніка, 1975. – 168 с.
8. Василенко Ф.И., Лук'яненко Л.П., Свяцкий В.В. Перевірка математичної моделі процесу відновлення деталей сільськогосподарської техніки полімерами в ультразвуковому полі // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – Харків: ХДТУСГ, 2001. – Вип. 8. – С. 308 – 311.
9. ГОСТ 4670-91 (ИСО 2039/1-87). Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика. Введ. 01.01.1993. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1992. – 12 с.

Ф. Василенко, В. Свяцкий, Л. Свяцкая

Управление качеством деталей, полученных из стеклонаполненных полиамидов в ультразвуковом поле

Представлено теоретическое и экспериментальное исследование, математические модели для проведения комплексной технико-экономической оценки маршрутной технологии с целью получения (или восстановления) деталей со стеклонаполненных полиамидов с заданными физико-механическими свойствами.

F. Vasilenko, V. Svjatskiy, L. Svjatska

Quality management of the details made of glass-nylon composite in ultrasonic machining

Theoretical and experimental research, mathematical models for the complex technical-economic appraisal of technology realization with the object of the glass-nylon composite details manufacture (or restoration) with given physical and mechanical characteristic are presented.

Одержано 21.05.09