

УДК 631.3.02:678.675

О.Буря¹, канд. техн. наук; В.Дудін¹; Т.Рибак², докт. техн. наук

¹Дніпропетровський державний аграрний університет

²Тернопільський державний технічний університет імені Івана Пулюя

ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕПЛАСТИКА НА ОСНОВІ ПОЛІАМІДУ–6 ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ РОЛИКІВ ТА ВТУЛОК ЛАНЦЮГІВ ПОЛОТЕН ТРАНСПОРТЕРІВ БУРЯКОЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

На основі досліджень деталей рухомих з'єднань ланцюгових транспортерів бурякозбиральних комбайнів обґрунтовано застосування полімерних композитних матеріалів для виготовлення елементів ланцюгів транспортерів серійних бурякозбиральних комбайнів.

Експлуатаційні характеристики сільськогосподарських машин і механізмів, їх надійність і довговічність часто обмежуються недостатньою працездатністю вузлів тертя. Деталі цих вузлів часто працюють без змащення, у жорстких умовах тертя і складають у середньому близько 90 % від загальної кількості деталей, які виходять з ладу [1]. В особливо складних експлуатаційних умовах, зазнаючи впливу величезних вібраційних і динамічних навантажень, працює бурякозбиральна техніка. Основний знос приходить, у цьому випадку, на робочі органи (контакт із вільним абразивом). Поряд з цим значному впливу часток ґрунту піддаються і підшипникові вузли, незалежно від їх типу (кулькові, роликові, голчаті, ковзаня і т.д.). Абразив, що попадає в підшипникові обойми, призводить до деформації, зносу і, у кінцевому рахунку, до заклинювання підшипника і виходу вузла з ладу. Виникає питання: чи є альтернатива серійним підшипникам, що перевершує їх за надійністю і довговічністю.

Одним з перспективних шляхів є використання для виготовлення деталей вузлів тертя сільськогосподарських машин полімерних композитних матеріалів (ПКМ). ПКМ являють собою системи, що складаються з полімерної матриці й армуючого елемента. Найбільш широке застосування в якості в'язучого знайшли термопласти, до числа яких належать поліаміди [2], поліетилен [3], полікарбонат [4], поліарилати [5] та інші. Для армування полімерної матриці використовують різні волокнисті наповнювачі: вуглецеві, органічні, борні, скляні волокна. Завдяки оптимальному комплексу поліпшених властивостей, а саме: високим антифрикційним характеристикам, теплопровідності, хімічній стійкості і термостабільності, особливо перспективно армувати термопласти вуглецевими волокнами.

У лабораторії полімерних композитів (ЛПК) ДДАУ накопичено значний досвід застосування полімерних композитів (ПК) у сільськогосподарському машинобудуванні [6,7]. З огляду на це, вивчалася можливість підвищення зносостійкості деталей рухомих з'єднань бурякозбиральних машин, зокрема, полотен поздовжнього, поперечного і навантажувального транспортерів, шляхом заміни серійних роликів і втулок № 01204013 експериментальними з ПК, на основі термопластичної матриці.

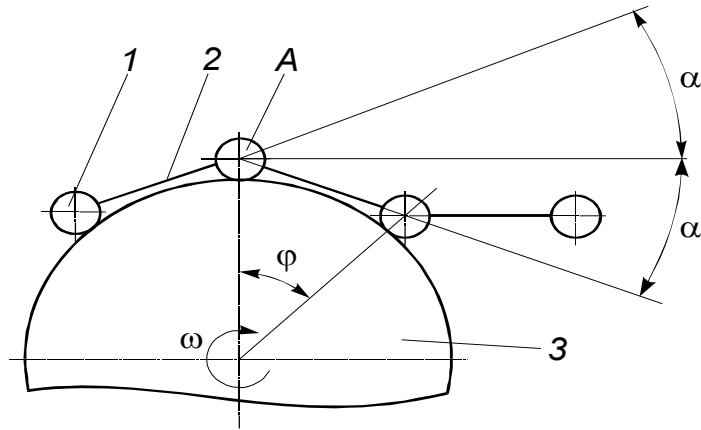


Рис.1 Кінематична схема для визначення швидкості обертання ланок ланюга при переході через опорний ролик чи зірочку:

1 – сполучення втулка-пруток; 2 – боковина ланки; 3 – зірочка (ролик).

За даними КБ Дніпропетровського комбайнового заводу (ДКЗ) ресурс роботи полотен транспортерів знаходиться в межах 1,5 - 2 сезонів при навантаженні на машину 80...110 га, що значно поступається ресурсу комбайна в цілому. Транспортери бурякозбиральних машин, крім транспортування коренеплодів, виконують їхню сепарацію, тому деталі їх вузлів тертя постійно працюють в абразивному середовищі. Полотно транспортера складається з двох несучих втулково-роликів ланцюгів із кроком 38,1 мм, з'єднаних прутками. Ланцюги ПР 38.1- 12700 навантажувального транспортера комбайна РКМ-6Б, приміром, включають 1100 роликів і втулок, а це 550 пар тертя, що працюють у жорстких умовах зношування. У лабораторії полімерних композитів (ЛПК) ДДАУ накопичено значний досвід застосування полімерних композитів (ПК) у сільськогосподарському машинобудуванні [6,7]. З огляду на це, вивчалася можливість підвищення зносостійкості деталей рухомих з'єднань бурякозбиральних машин, зокрема, полотен поздовжнього, поперечного і навантажувального транспортерів, шляхом заміни серійних роликів і втулок № 01204013 експериментальними з ПК, на основі термопластичної матриці.

Розрахунок навантаження на ланку ланцюга навантажувального транспортера показав, що при потужності на ведучих зірочках транспортера 15 кВт максимальний тиск у шарнірі складає 23 Н/мм² або 23 МПа. Виходячи з цього, був проведений пошук КМ із межею міцності не нижче 50 МПа (з урахуванням запасу міцності) і, тому що в цей ряд потрапили практично всі вуглепластики (ВП), розроблені в ЛПК (табл.1), остаточний вибір проводився з урахуванням вартості та технологічності виготовлення деталей.

Таблиця 1

Характеристики вуглепластиків

Показник*	В'язуче				
	СВМПЕ	Поліамід-6	Поліамід-6,6	БСП-7	Поліфеніл-хіноксалін
Межа міцності при стисканні, МПа	73-106	90-114	110	114-162	175-190
Теплопровідність, Вт/(м · К)	0,34-0,82	0,50-0,91	0,59-0,74	0,33-0,52	0,24-0,36

*У таблиці дані інтервали можливого варіювання показників у залежності від вмісту вуглецевого волокна.

Оптимальним матеріалом, завдяки простоті переробки, доступності та відносно низькій вартості (10-20\$ за 1 кг), був визнаний ВП на основі поліаміду 6, марки УПА 6/40 (ТУ В 00493675.002-98). Цей КМ переробляється литтям під тиском, що дозволяє

одержувати необхідну кількість деталей на базі виробничої ділянки ЛПК.

На наступному етапі роботи був проведений розрахунок швидкісних параметрів сполучення втулка-пруток. Цей розрахунок проводився за розробленою нами методикою і дає приблизну уяву про процес руху втулки щодо прутка.

Розглянемо дві сусідніх ланки ланцюга в момент проходження зірочки чи опорного ролика (див. рис.). Ділянки ланцюга між роликами провисають, тому при проходженні через ролик у контакт із його поверхнею вступають мінімум три блоки ланцюга. Пруток жорстко закріплений в отворі зовнішньої боковини, а втулка – у внутрішній, і при вигині ланцюга відбувається зсув втулки щодо прутка. Максимальний кут перегину ланцюга в сполученні А дорівнює 2α , а при сході (чи набіганні) з ролика – α . Тому в сумі за одне проходження через опорний ролик взаємний зсув двох ланок буде дорівнювати 4α . Зсув ланок на кут α відбувається при повороті опорного ролика на кут φ за час t , яких можна визначити з виразу:

$$t = \frac{\varphi}{\omega_3} = \frac{\alpha}{\omega_n}, \quad (1)$$

де ω_3 – кутова швидкість зірочки, рад/с; ω_n – кутова швидкість руху втулки щодо прутка, рад/с.

Користуючись виразом 1, можна визначити швидкість обертання втулки навколо прутка:

$$\omega_n = \alpha \frac{\omega_3}{\varphi}, \quad (2)$$

а при відомому діаметрі прутка d_n лінійна швидкість відносного руху буде дорівнювати:

$$V = \omega_n \cdot \frac{d_n}{2}. \quad (3)$$

Шлях S , пройдений втулкою по прутку за один оберт транспортера,

$$S = 4 \cdot V_n \cdot t \cdot z, \quad (4)$$

де V_n – швидкість руху втулки по прутку, м/с; t – час, за який відбувається відносне обертання сусідніх блоків при проходженні опорного ролика чи зірочки, с; z – кількість зірочок і опорних роликів.

Загальний шлях L , пройдений втулкою по прутку за період роботи транспортера t_p можна визначити з виразу:

$$L = \frac{S \cdot t_p \cdot V_{mp}}{l_{mp}}, \quad (5)$$

де V_{mp} – швидкість руху транспортера, м/с; l_{mp} – загальна довжина транспортера, м.

Ґрунтуючись на геометричних параметрах ланки ланцюга та режимах роботи транспортера, встановлено, що швидкість обертання втулки навколо прутка при проходженні ланкою зірочок і опорних роликів $\omega = 5,2$ рад/с, що в перерахуванні на лінійну, при діаметрі прутка 10 мм, дорівнює 0,03 м/с. При цьому загальний пройдений шлях при річному навантаженні 80...110 га досягає 3000...3500 м. Спираючись на розрахунки навантаження і швидкості, були розроблені методика і режими випробувань для визначення триботехнічних характеристик прийнятого матеріалу. Ці дослідження проводилися на дисковій машині тертя за схемою диск-пальчик в умовах сухого тертя. Диск виготовлений зі сталі 45 із твердістю 45-48 HRC₃ і шорсткістю R_a 0,5 мкм. Питоме навантаження в дослідах складало 4 МПа при швидкостях ковзання 1; 1,5; 2; 2,5 м/с і шляху тертя 10000 м, тобто умови випробувань (PV=1 МПа·м/с) були більш жорсткими в порівнянні з розрахунковими (PV=0,69 МПа·м/с). Мета випробувань: визначити коефіцієнт тертя, температуру в зоні контакту, а також зносостійкість ВП.

Таблиця 2

Динаміка зміни триботехнічних характеристик вуглепластика УПА 6/40

Швидкість ковзання, м/с	Показник	Пробіг, км										I
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	<i>f</i>	0,24	0,23	0,24	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,17	0,17	0,3
	<i>T</i>	325	333	334	334	337	336	337	337	337	336	
1,5	<i>f</i>	0,24	0,22	0,24	0,21	0,21	0,21	0,20	0,19	0,17	0,17	0,7
	<i>T</i>	333	342	343	346	348	349	347	349	349	348	
2	<i>f</i>	0,35	0,34	0,31	0,30	0,30	0,26	0,22	0,19	0,17	0,17	0,86
	<i>T</i>	328	337	344	349	351	352	352	350	350	348	
2,5	<i>f</i>	0,27	0,23	0,23	0,21	0,2	0,18	0,17	0,16	0,16	0,16	1,66
	<i>T</i>	344	360	367	368	370	368	368	368	367	366	

Позначення: *I* - знос, мг; *f* - коефіцієнт тертя; *T* - температура в зоні контакту, К.

Аналіз одержаних даних (див. табл. 2) свідчить про стабільний коефіцієнт тертя і досить високу стійкість ВП до зношування при встановленні температурного режиму на різних швидкостях ковзання (розкид 0,05 %). Проведені лабораторні випробування зразків вуглепластика дозволили зробити попередній висновок про можливість використання деталей з ВП у ланцюгах транспортерів бурякозбиральних машин. Після цього була сконструйована і виготовлена прес-форма для ливарної машини моделі ДЕ 3130-125Ц1, що дозволяє одержувати за цикл лиття, тривалістю 0,5 хв, 2 пари виробів. Для проведення ресурсних випробувань на ДКЗ був зібраний стенд, що моделює роботу навантажувального транспортера. Полотно, укомплектоване втулками і роликками з ВП, пропрацювало без зауважень 400 годин. За результатами стендових випробувань було прийняте рішення провести польові випробування деталей з ВП.

Ланцюг поперечного транспортера, укомплектований роликками і втулками з ВП, поставленими замість серійних № 01204013, було встановлено на коренезбиральну машину РКМ-6. За підсумками господарських випробувань, на дослідних полях КПП ДКЗ (радгосп "Кіровський") у збиральний сезон 1996 – 1997 років, відзначено, що експериментальні втулки і роликки показали добру працездатність, відрізнялися високою зносостійкістю і надійністю при експлуатації. Температура повітря під час випробувань коливалася від + 3,4 до + 13,2 °С. У цілому даною коренезбиральною машиною було зібрано 60 га цукрового буряка. Наступна перевірка полотна на критерій працездатності за стандартною методикою показала, що відносне подовження 20 ланок ланцюга склало 1,5 %, при критичному значенні 5 %. Виходячи з цього, прогнозований ресурс роботи полотна з роликками і втулками з ВП знаходиться в межах 2...3 сезонів чи 200...300 га зібраної площі. За результатами мікрометражу експериментальних деталей знос внутрішньої поверхні втулки склав 0,02...0,15 мм, зовнішньої - 0,05...0,12 мм, для ролика, відповідно: 0,04...0,10 і 0,05...0,13 мм.

Без зауважень відпрацювало і навантажувальне полотно, укомплектоване експериментальним ланцюгом, встановлене на коренезбиральну машину РКМ-6, яка працювала на полях КСП "Росія" Межівського району в жовтні - листопаді 1997 року. За період випробувань машиною було зібрано 84 га цукрового буряка.

На підставі лабораторних, стендових і польових іспитів можна зробити наступні

ВИСНОВКИ:

1. Застосування в ланцюгах транспортерів бурякозбиральної машини втулок і роликків з вуглепластика дає можливість зменшити металоємність машини на 55 кг при збереженні всіх необхідних функціональних параметрів.
2. Щодо виробництва, то: по-перше, матеріал деталі з пластику дешевший від традиційного, по-друге, значно зменшуються виробничі витрати за рахунок

простоти виробництва й у зв'язку з цим підвищується продуктивність при їхньому виготовленні.

3. Наробіток деталей з композитів на основі термопластів у кілька разів вищий від серійних. У такий спосіб підвищується довговічність окремих вузлів і машини в цілому, знижуються витрати, пов'язані з простим техніки.

The article deals with of problems of use of composite materials „poliamide-6“ at manufacture of rollers and sleeves of circuits of conveyors self-propelled combines.

Література

1. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин. – М.: Машиностроение, 1966.–262с.
2. А.И. Буря, А.Т. Лысенко, М.Т. Азарова. Разработка, исследование и применение термопластов, армированных химическими волокнами, в узлах трения сельскохозяйственных машин // Сб. Вопросы химии и хим. технологии. – Харьков: Вища школа, Вып.64, 1981.– С.92-96.
3. Burya A. I. Friction and wear of carbon plastics based on polyethylene // Proceeding of the 8 th International Conference on tribology, vol. 1, Ebeltoft, Denmark, 7-10 June 1998.– С.62-64.
4. А.И. Буря, А.Г. Леви, Т.А. Скляр. Свойства поликарбоната, армированного углеродными волокнами // Пластические массы.-1989.-№7.-С.41-44.
5. Буря А.И., Чигвинцева О.П. Разработка и применение углепластиков из полиарилата в конструкциях свеклоуборочных машин // Вестник аграрной науки.–1998.-№8.– С.52-57.
6. А.И. Буря. Создание, свойства и опыт применения армированных термопластов в сельскохозяйственном машиностроении. – К.: Знание, 1989.– 102с.
7. А.И. Буря. Свойства и опыт применения углепластиков в сельхозмашиностроении. – К.: «Знание», 1992.– 144с.

Одержано 22.11.2002 р.