

Частотна характеристика $K^*(j\omega)$ може бути отримана із (33) шляхом заміни аргументу $p = j\omega$:

$$K^*(j\omega) = [K^*(p)]_{p=j\omega} = \frac{Y^*(j\omega)}{X^*(j\omega)}. \quad (34)$$

$Y^*(j\omega)$ і $X^*(j\omega)$ – дискретне перетворення Фур'є вихідного і вхідного сигналів.

Отже, управляючий прилад, що входить в систему активного контролю розмірів, описується різницевиими рівняннями, дискретною передатною функцією і частотною характеристикою.

Математичний опис передатних характеристик дискретних елементів, що входять у схему управляючого приладу, дозволяє методами моделювання оптимізувати в цілому функціональні та конструктивні параметри складних приладів, що застосовуються в системах автоматичного управління технологічними процесами.

Інформаційні джерела

1. Волосов С.С., Педь Е.И. Приборы для автоматического контроля в машиностроении. М., «Машиностроение», 1970. – 310 с.
2. Элементы автоматического управления и контроля / Н.И. Подлесный, В.Г. Рубанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 477 с.
3. Таланчук П.М., Рущенко В.Т. Основы проектирования измерительных приборов: Учеб. Пособие. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 454 с.

УДК 658.567.3:629.3:629.3.027.514:621.91

Е.С. Скорняков, д.т.н., **О.О. Сасов**, к.т.н., **Ю.А. Коржавін**, к.т.н., **С.В. Калініченко**, аспірант.,

Я.В. Яковенко, магістр., **І.С. Кашинський**, магістр.

Дніпродзержинський державний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОДРІБНЕННЯ РІЗАННЯМ ПНЕВМАТИЧНИХ ШИН ПРИ УТИЛІЗАЦІЇ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження процесів подрібнення різанням пневматичних шин під час їх утилізації. Розроблена експериментальна установка для визначення оптимальної геометрії, матеріалу ріжучого інструменту та вибору режимів подрібнення різанням пневматичних шин.

Ключові слова: утилізація, пневматична шина, сили різання, швидкість різання.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования процессов измельчения резанием пневматических шин во время их утилизации. Разработана экспериментальная установка для определения оптимальной геометрии, материала режущего инструмента и выбора режимов измельчения резанием пневматических шин.

Ключевые слова: утилизация, пневматическая шина, сила резания, скорость резания.

Theoretical and experimental studies of grinding processes by cutting pneumatic tires at their utilization were carried out. Geometric parameters of cutting part of the cutter have an essential effect on a cutting process. Cutting forces and tool wear depend on the choice of cutter. Grinding by cutting pneumatic tires is a complicated and no investigated process because of a large number of factors affects it. Experimental unit to determine optimal geometry of cutting tool, cutting tool material and mode of conditions of grinding pneumatic tires were developed.

Keywords: utilization, pneumatic tires, cutting forces, cutting rate.

Постановка проблеми. Згідно існуючих технологічних процесів утилізації автомобільних пневматичних шин вони потрапляють спочатку на склад, де розподіляються по групам та транспортуються на місця зберігання. За допомогою транспортера потрапляють в блок попередньої підготовки, де відбувається миття шин в мийній машині при температурі 50-80 °С в спеціальних миючих розчинах. Далі вимиті шини висушують в інфрачервоній сушильній установці. Очищені шини за допомогою підвісного транспортера встановлюються на прилад для розрізання навпіл шин та вирізання бортових кілець [1]. Механічне подрібнення різанням зношених автомобільних шин з різною жорсткістю гуми, при розрізанні шини навпіл та при вирізанні бортових кілець пов'язане з відомими труднощами [2], обумовленими пружними властивостями гуми, а також багат шаровістю з різних матеріалів: гума, текстильний та металокард. У процесі подрібнення різанням матеріали шини

піддаються різноманітним статичним і динамічним деформаціям: розтягування, стиснення, вигину і т.д. Неправильний вибір геометрії ріжучого інструменту і режимів різання спричиняє підвищений знос ріжучого інструменту, а іноді і його поломку та підвищуються енергетичні витрати. Для подолання цих труднощів потрібно провести теоретичні та експериментальні дослідження особливостей технологічних процесів подрібнення різанням зношених шин, а саме вивчення матеріалу, геометрії і форми ріжучого інструменту, та їх вплив: на сили різання, знос інструменту, та різні явища, які супроводжують процес різання. Це необхідне ще і тому, що з публікацій, присвячених цьому питанню, не можна зробити однозначного висновку про необхідну геометрію, форму та матеріал ріжучого інструменту.

Аналіз основних досліджень і публікацій. В багатьох роботах розглядаються проблеми переробки зношених пневматичних шин, а саме М.М. Касаткіна, Е.С. Скорнякова, О.М. Коробочки, О.О. Сасова, В. Б. Рудасьова [3-6]. Роботи Е.М. Соловійова, Н.Д. Захарова, В.М. Макарова, [7] присвячені способам переробки та використання продуктів відходів шинної промисловості. Роботи Е.М. Соколова, Б.Н. Оладова, Н.І. Володіна, Н.Г. Бекіна, Е.А. Пучина та інших [8,9] розглядають способи та обладнання для переробки шин. Роботи В.В. Постнікова, Б.У. Шаріпова, Л. Ш. Шустера присвячені дослідженням процесів зносу ріжучого інструменту [10,11].

Метою роботи є дослідження процесів подрібнення різанням пневматичних шин для визначення матеріалу, геометрії і форми ріжучого інструменту та їх вплив на сили різання, яке можливе з використанням експериментальної установки, яку треба розробити.

Матеріали досліджень. У процесі різання до ріжучого інструменту додаються певні зусилля, тобто сили різання, які виникають при зрізанні шару гуми та корду. Сила опору є результатом впливів різних сил, які діють на ріжучий інструмент. Рівнодіючу P всіх сил тиску оброблюваного матеріалу на різець можна геометрично розкласти на три взаємно перпендикулярні складові: P_z , P_v , P_x . При подрібненні різанням навіпіл пневматичних шин - це сили P_z та P_v . P_z - збігається за напрямом із швидкістю головного руху (головна складова сили різання). P_v -спрямована вздовж поперечного руху (радіальна складова). Вертикальне зусилля P_z (з боку ріжучого інструменту) перешкоджає обертанню шини і прогинає її, радіальне зусилля P_v прагне прогнути шину поперечно. Крім того, на подолання сили P_z витрачається майже вся потужність, споживана на різання. Це пояснюється тим, що сила P_z збігається за напрямом із швидкістю різання, яка в сотні разів більше швидкості подачі різця. На зусилля P_v при різанні потужність абсолютно не витрачається, так як в цьому напрямку рух відсутній. Тому для наближених практичних розрахунків зусиллям різання при різанні прийнято вважати силу P_z .

Геометричні параметри різальної частини різця суттєво впливають на процес різання. Від вибору різця залежать сили різання та спрацювання інструменту. Подрібнення різанням пневматичних шин являється складним і не дослідженим процесом так як на нього впливає велика кількість факторів. В практиці доводиться мати справу з різними комбінаціями цих факторів. Тому встановлення оптимальної геометрії різця представляє собою доволі складну задачу досліджень. Кожний параметр впливає на роботу різця не тільки сам по собі, але також і в комбінації його з іншими параметрами.

Оскільки при дослідженні проводиться подрібнення різанням пневматичних шин, то складно обрати оптимальну форму ріжучої частини різця, тому розглянуто різні варіанти параметрів по вибору різців. Але з розумінням обираючи геометричні параметри інструменту для конкретних умов роботи, можна добитися високої продуктивності і відмінної якості обробки.

Швидкість різання при обробці пневматичних шин – це один з основних факторів, який визначає продуктивність обробки. Із збільшенням швидкості різання росте продуктивність обробки, але швидше спрацьовується інструмент і ростуть зв'язані з цим затрати. На швидкість різання, що допускається різцем, впливають наступні фактори: стійкість різального інструмента; фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу; матеріал ріжучої частини інструменту; подача і глибина різання; геометричні елементи ріжучої частини різця; розміри перетину державки різця; мастильно-охолоджуючої рідини, максимально допустима величина зносу різця; вид обробки [4].

Значний вплив на швидкість різання мають геометричні параметри різальної частини інструменту. Із збільшенням переднього кута γ зменшуються деформації оброблюваного матеріалу, сили різання і, відповідно, зменшується спрацювання різця. Все зводиться до деякого оптимального значення γ , яке відповідає певним оброблюваним і інструментальним матеріалам. Якщо далі збільшувати передній кут, то погіршується тепловідведення внаслідок зменшення площі поперечного перетину різальної частини інструменту, тому треба зменшити швидкість різання [5].

Для визначення оптимальної геометрії ріжучого інструменту та вибору режимів подрібнення різанням пневматичних шин використовувався комплекс вимірювального обладнання, яке

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

складається з вимірювальної головки УДМ-100 (рис.1.), міліамперметра та підсилювача ТА-5, та розроблена експериментальна установка (рис.2.) на базі токарно-гвинторізного верстата 16К20.

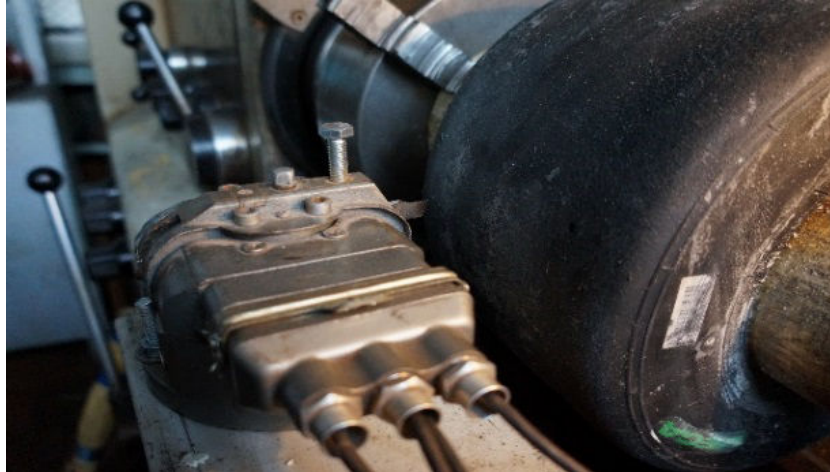


Рис.1. Вимірювальна головка УДМ-100 з різцем

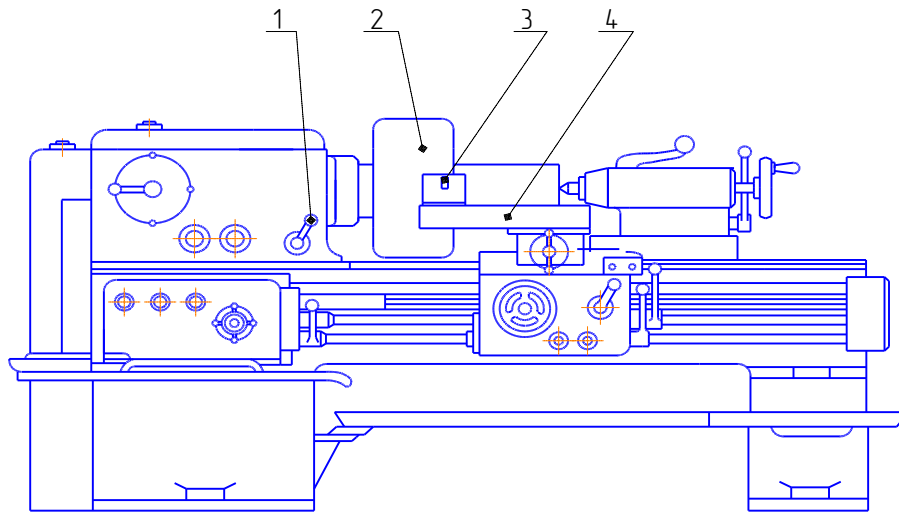


Рис.2. Схема експериментальної установки для подрібнення шин різанням
1–Токарно-гвинторізний верстат 16К20; 2– Пневматична шина; 3– Вимірювальна головка УДМ-100 з різцем; 4 – Перехідна консоль.

Сили різання визначалися під час розрізання навпіл картингових шин Bridgestone розміром 7.1/11.0-5 та Vega розміром 11x7.10-5 діаметром 260 мм та товщиною 7 мм з текстильним кордом. В якості ріжучого інструменту використовували різці з матеріалу Р6М5 та ВК8 в формі: відрізного, різьбового різця. Під час подрібнення різанням змінювалися кути на ріжучому інструменті α , γ (рисунок 3а) та β (рисунок 3б) та режими різання: число обертів n , подача S_p . На підставі проведених експериментальних досліджень в табл. 1 – 4 наведено дані геометричних параметрів ріжучого інструменту.

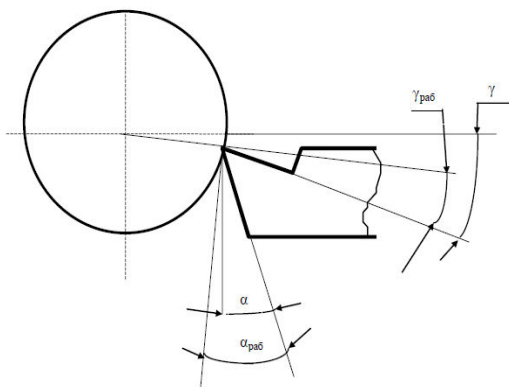


Рис.3а. Схема кутів на відрізному різці

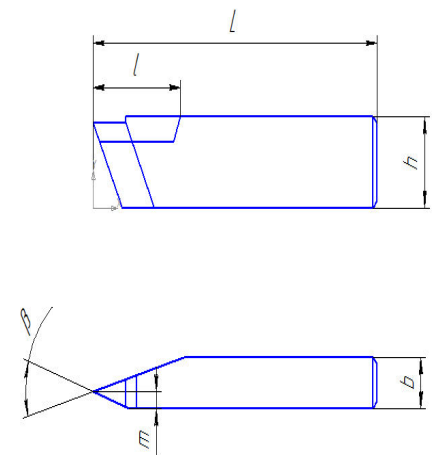


Рис.3б. Схема кутів на різьбовому різці

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Результати досліджень. Результати експериментальних досліджень приведені в таблицях 1 – 4.

Таблиця 1

Показники сил та кутів різання пневматичної шини відрізним різцем Р6М5

Номер	$n, \text{хв}^{-1}$	$S_p, \text{мм/об}$	$P_z, \text{Н}$	$P_y, \text{Н}$	$a, \text{мм}$	$\alpha, \text{град}$	$\gamma, \text{град}$
1	250	0,25	400	220	1,05	29	17
2	500	0,25	250	140	1,05	29	17
3	500	0,5	200	150	1,05	29	17
4	630	0,25	170	120	1,05	29	17
5	630	0,5	225	160	1,05	29	17
6	1000	0,1	160	140	1,05	29	17
7	1000	0,25	140	125	1,05	29	17
8	1000	0,35	230	140	1,05	29	17

Таблиця 2

Показники сил та кутів різання пневматичної шини різьбовим різцем Р6М5

Номер	$n, \text{хв}^{-1}$	$S_p, \text{мм/об}$	$P_z, \text{Н}$	$P_y, \text{Н}$	$\beta, \text{мм}$	$\alpha, \text{град}$	$\gamma, \text{град}$
1	250	0,25	200	270	60	29	17
2	500	0,25	170	230	60	29	17
3	500	0,5	145	170	60	29	17
4	630	0,25	200	260	60	29	17
5	630	0,5	320	270	60	29	17
6	1000	0,1	150	200	60	29	17
7	1000	0,25	260	300	60	29	17
8	1000	0,35	330	280	60	29	17

Таблиця 3

Показники сил та кутів різання пневматичної шини відрізним різцем ВК-8

Номер	$n, \text{хв}^{-1}$	$S_p, \text{мм/об}$	$P_z, \text{Н}$	$P_y, \text{Н}$	$a, \text{мм}$	$\gamma, \text{град}$	$\alpha, \text{град}$
1	250	0,25	210	70	1,05	0	30
2	500	0,25	80	70	1,05	0	30
3	500	0,5	150	140	1,05	0	30
4	630	0,25	105	70	1,05	0	30
5	630	0,5	120	60	1,05	0	30
6	1000	0,1	40	30	1,05	0	30
7	1000	0,25	100	40	1,05	0	30
8	1000	0,35	130	50	1,05	0	30

Таблиця 4

Показники сил та кутів різання пневматичної шини різьбовим різцем ВК-8

Номер	$n, \text{хв}^{-1}$	$S_p, \text{мм/об}$	$P_z, \text{Н}$	$P_y, \text{Н}$	$\beta, \text{мм}$	$\gamma, \text{град}$	$\alpha, \text{град}$
1	250	0,25	150	60	60	8	24
2	500	0,25	130	40	60	8	24
3	500	0,5	225	120	60	8	24
4	630	0,25	140	40	60	8	24
5	630	0,5	185	150	60	8	24
6	1000	0,1	90	30	60	8	24
7	1000	0,25	125	70	60	8	24
8	1000	0,35	140	80	60	8	24

Висновки. 1. Розроблена експериментальна установка дозволяє визначити сили різання під час розрізання пневматичних шин навіпіл для встановлення оптимальної геометрії ріжучого інструменту та вибору режимів різання. 2. В процесі розрізання пневматичних шин навіпіл на ріжучий інструмент діють складові сили різання P : вертикальне зусилля P_z та радіальне зусилля P_y . 3. Мінімальна сила різання при розрізанні шин Bridgestone розміром 7.1/11.0-5 та Vega розміром 11x7.10-5 навіпіл виникає при використанні ріжучого інструменту у формі відрізного різця ВК8 з наступними геометричними параметрами: ширина ріжучої кромки $a=1,05$ мм, кути $\gamma=0^\circ$, $\alpha=30^\circ$. При частоті обертання шпинделя 1000 хв^{-1} і подачі $0,1$ мм/об.

Інформаційні джерела

1. Пат. № 56698 України. Спосіб переробки зношених шин загального призначення та великогабаритних автомобільних шин [Текст] / Е.С. Скорняков, О.М. Коробочка, О.О. Сасов, В.С. Авер'янов; власник – Дніпродзержинський державний технічний університет. – № у 2010 08087; заяв. 29.06.2010; публ. 25.01.2011, Бюл. №2.
2. Постников В.В. и др. Процессы на контактных поверхностях, износ режущего инструмента, свойства обработанной поверхности/ Постников В.В., Шарипов Б.У., Шустер Л.Ш. - Свердловск.: Изд-во Уральского университета, 1988. - 224 с.
3. Касаткин, М.М. Проблемы переработки амортизированных автомобильных шин и резино-технических изделий [Текст] / М.М. Касаткин. – М., 1998. – 64 с.
4. Скорняков, Е.С. Проблемы переробки зношених автомобільних шин [Текст] / Е.С. Скорняков, О.М. Коробочка, О.О. Сасов // Математичні проблеми технічної механіки-2009. Міжнародна наукова конференція 20–23 квітня. – Дніпродзержинськ-Дніпропетровськ – 2009 – С.185–187.
5. Перспективы развития в Украине технологии переработки изношенных автомобильных и тракторных шин [Текст] / А.А. Сасов, Э.С. Скорняков, А.Н. Коробочка, В.Б. Рудасев // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – №4. – С.122–126.
6. Сасов, О.О. Дослідження обсягу виникнення і вторинного використання зношених автомобільних шин [Текст] / О.О. Сасов, О.М. Коробочка, Е.С. Скорняков // Вісник Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. – 2010. – №6(148). – С.20–24.
7. Соловьёв, Е.М. Переработка и использование отходов шинной промышленности: тем. обзор. [Текст] / Е.М. Соловьёв, Н.Д. Захаров. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1983. – 66 с.
8. Переработка изношенных шин [Текст] / Э.М. Соколов, Б.Н. Оладов, Н.И. Володин, В.А. Тимофеев, Н.М. Качурин, В.А. Иваницкий. – Тула: Тульск. ГУ, 1999. – 115 с.
9. Переработка изношенных шин: монография [Текст] / Э.М. Соколов и др. – 1999. - 134 с.
10. Аршинов В.А., Алексеев Г.А. Різання металів та ріжучий інструмент Посібник для машинобудівних технікумів. М. «Машинобудування», 1976 ст 99.
11. Резание материалов [Электронный ресурс] : учебное пособие / авт. :Ю. И. Гордеев, Е. Г. Зеленкова; ст -17.

УДК 537. 622

Л.В. Ящинський, к.ф.-м.н., **Д.А. Захарчук**, к.ф.-м.н., **Ю.В. Коваль**, к.ф.-м.н.

Луцький національний технічний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОЇ СПРИЙНЯТЛИВОСТІ ПАРАМАГНІТНИХ СПОЛУК МЕТОДОМ ЗВАЖУВАННЯ У ЗОВНІШНЬОМУ МАГНІТНОМУ ПОЛІ

У роботі представлено експериментальний пристрій для визначення магнітної сприйнятливості твердих солей парамагнітних сполук при різних температурах. Досліджено вплив температури парамагнетиків на значення їх магнітної сприйнятливості і одержано величини χ_m в температурному інтервалі $0 - 100^{\circ}\text{C}$. Результати експериментів показали пропорційність значень магнітної сприйнятливості для сполук CoCl_2 і MnCl_2 до величини T^{-1} , що задовольняє класичну залежність $\chi_m = f(T)$ для парамагнетиків. Добре узгодження експериментальних результатів з табличними даними про магнітну сприйнятливість досліджуваних речовин при 0°C підтверджує коректність використаної методики для визначення магнітної сприйнятливості парамагнетиків при застосуванні їх у відповідних магнітних пристроях.

Ключові слова: магніт, парамагнетик, магнітна сприйнятливість, зважування.

В работе представлено экспериментальное устройство для определения магнитной восприимчивости твердых солей парамагнитных соединений при различных температурах. Исследовано влияние температуры парамагнетиков на значение их магнитной восприимчивости и получено величины χ_m в температурном интервале $0 - 100^{\circ}\text{C}$. Результаты экспериментов показали пропорциональность значений магнитной восприимчивости для соединений CoCl_2 и MnCl_2 до величины T^{-1} , что удовлетворяет классическую зависимость $\chi_m = f(T)$ для парамагнетиков. Хорошее согласование экспериментальных результатов с табличными данными о магнитной восприимчивости исследуемых веществ при 0°C подтверждает корректность использованной