

$Y_i = Y_i^m \cup Y_i^k$, де Y_i^m — навчальний розподіл рейтингового балу, а Y_i^k — контрольний розподіл рейтингового балу.

Розв'яжемо задачу (7) $E_i \rightarrow \min$, використовуючи навчальний розподіл рейтингового балу. Після цього знаходимо середнє значення відхилень отриманої моделі від значень контрольного розподілу рейтингового балу.

$$CV = \frac{1}{4} \sum_{t_i \in k} (y_i^k - f(t_i))^2.$$

Чим меншою є величина CV , тим краще функція $f(t)_{1,3}$ відповідає статистичним даним, а отже з її використанням математична модель буде давати найбільш оптимальні значення.

Дану математичну модель реалізовано на мові програмування Python, з використанням таких бібліотек, як numpy, pandas, ipython.

Висновок

Побудована в даній роботі математична модель визначає:

- стартовий розподіл загального рейтингового балу оцінювання навчальної діяльності студента при вивченні деякої навчальної дисципліни між різними видами освітньої діяльності;

- на основі стартового розподілу загального рейтингового балу оцінювання навчальної діяльності студента та накопичення статистичних даних отримано алгоритм уточнення оптимального розподілу загального рейтингового балу оцінювання навчальної діяльності студента між різними видами освітньої діяльності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Болубаш Я.Я. Організація навчального процесу у вищих закладах освіти. Навчальний посібник для слухачів закладів підвищення кваліфікації системи вищої освіти. – ВВП«КОМПАС»: К, 1997. – 64 с.
2. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman. "The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Interface, and Prediction". – Second edition. – Springer. pp. 44–50.
3. Інтернет-ресурс <http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=CV>

пост. 01.03.2017

А.Д. СОКОЛОВ, магістрант, студент
О.М. КОРОБОЧКА, д.т.н., професор
О.О. САСОВ, к.т.н, доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Оптимізація режимних параметрів процесу різання зношених пневматичних шин, вибір оптимального матеріалу та геометричних параметрів ріжучого інструменту при визначених умовах

В процесі даного дослідження, ґрунтуючись на математичній моделі [1] з наступним внесенням певних коректив, графічним та розрахунковим методами, використовуючи програму Microsoft Excel 2013, у три етапи (перший: оптимізація частоти обертання шпинделя — n при різних подачах — S ; другий: оптимізація переднього кута — γ при різних значеннях твердості; оптимізація кута при вершині — ϵ при різних значеннях твердості; оптимізація заднього кута — α при різних значеннях твердості; третій: аналіз та порівняння оптимальних параметрів ($n, S_p, \gamma, \epsilon, \alpha$) при різних значеннях твердості ріжучого інструмента) була проведена оптимізація режимних параметрів процесу різання зношених картингових шин Bridgestone розміром 7.1/11.0-5 ріжучим інструментом з твердостями HRA 38, HRA 64, HRA 77, HRA 90, HRA 144; визначений оптимальний матеріал ріжучого інструменту та його геометричні параметри для заданих умов (конструктивних та міцнісних властивостей шин Bridgestone 7.1/11.0-5). Визначені оптимальні параметри повинні забезпечити мінімізацію сил різання та енергетичних витрат у межах обраних умов.

Постановка проблеми

Головними проблемами, з якими стикається промисловість у процесі поводження з відходами з метою їх безпечної утилізації та повторного використання у народному господарстві є велика вартість устаткування виробничих ліній та складність технологічних процесів переробки відходів [1]. До складу технологічного процесу утилізації зношених пневматичних шин входить стадія попереднього подрібнення, котра поділяється на дві операції: розрізання шин навпіл уздовж бігової доріжки та вирізання бортових кілець [2]. Для того, щоб зробити процес розрізання пневматичних шин найбільш енергоефективним, а ріжучий інструмент довговічним, необхідно провести оптимізацію за усіма

факторами, які впливають на процес різання, а саме сукупністю геометричних параметрів та матеріалу ріжучого інструменту, обробка яким буде здійснюватися з визначеними режимними параметрами. Процес оптимізації за вищезазначеними параметрами зумовлює енергетичну ефективність процесу попереднього механічного подрібнення зношених шин, а також його економічну доцільність, яка в свою чергу впливає на формування загальної економічної доцільності процесу утилізації зношених пневматичних шин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проведений аналіз літературних джерел показав наявність низки публікацій які безпосередньо або опосередковано стосуються процесу оптимізації режимних

параметрів обробки зношених шин, геометричних параметрів ріжучого інструменту та вибір його оптимального матеріалу. Аналіз методів і розгляд типових задач оптимізації режимних параметрів, математичні основи оптимізації та керування режимними параметрами механічної обробки наведений у роботі Грубого С.В. [3]. Математичні моделі та методи оптимізації основних процесів різання з використанням програмних продуктів CAD/CAM/CAE/PDM — систем описуються у роботі Пестрцова С.І. [4]. Оптимізацією режимів різання при обробці тонкостінних циліндричних виробів займався Таровик А.Б. та Михайлов О.М. [5].

Формулювання мети дослідження

Провести оптимізацію режимних параметрів процесу обробки різанням зношених пневматичних шин; геометричних параметрів ріжучого інструменту; визначити оптимальний матеріал ріжучого інструменту.

Виклад основного матеріалу

Математична модель формування сил при розрізанні зношеної пневматичної шини [2] у вигляді рівняння регресії, дає можливість провести процедуру оптимізації процесу різання за усіма факторами: режимними параметрами обробки, матеріалом та геометричними параметрами ріжучого інструменту:

Використовуючи рівняння (1) для P_z побудуємо таблицю оптимізації частоти обертання шпинделя при різних подачах та постійних значеннях твердості і геометричних параметрів ріжучого інструменту (табл. 1). На основі таблиці 1, будемо графік зміни сил P_z (рис.1).

Таблиця 1. Оптимізація частоти обертання шпинделя n при різних подачах S_p та постійних значеннях твердості (HRA 64) і геометричних параметрів ріжучого інструменту ()

160	0,06	64	10	45	10	146
250	0,06	64	10	45	10	116
630	0,06	64	10	45	10	84
1000	0,06	64	10	45	10	80
1600	0,06	64	10	45	10	92
160	0,1	64	10	45	10	136
...
160	0,25	64	10	45	10	147
...
160	0,4	64	10	45	10	192
...
160	0,6	64	10	45	10	236
...
1600	0,6	64	10	45	10	130

На рисунку 1 можна побачити, що область мінімуму для сили P_z знаходиться у діапазоні значень частоти 900—1100 об/хв при подачі 0,25 мм/об. Згідно таблиці 1 уточнюємо, що точка мінімуму відповідає частоті 1000 об/хв.

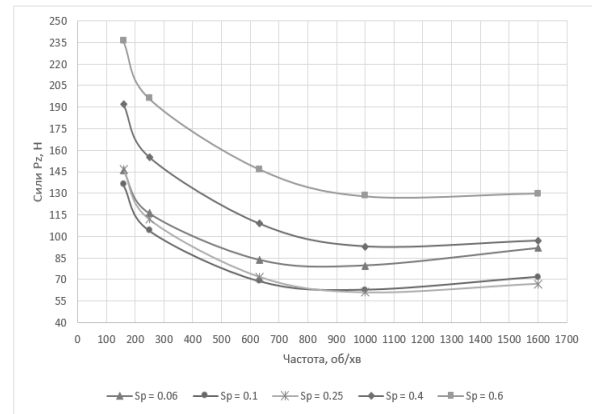


Рис. 1. Графік зміни сил P_z в залежності від подачі при різних частотах ;)

На другому етапі проводимо оптимізацію геометричних параметрів ріжучого інструменту при п'яти значеннях твердості: HRA 38, 64, 77, 90, 144.

Побудуємо таблицю оптимізації переднього кута — при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах (n , S_p) та кутах (табл. 2).

Спираючись на те, що ефективна потужність різання визначається за формулою [6]:

де v — швидкість головного руху різання, визначається за формулою:

де D — діаметр покришки.

Надалі будемо вважати, що для задачі оптимізації енерговитрат під час процесу різання шин пріоритетною є сила P_z .

На першому етапі проводимо оптимізацію режимних параметрів процесу різання, а саме частоти обертання шпинделя верстата — n в діапазоні 160—1600 об/хв при подачах — S_p в діапазоні 0,06—0,6 мм/об і постійних значеннях твердості (HRA 64) та кутів ()

Таблиця 2. Оптимізація переднього кута при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах ($n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об) та кутах

1000	0,25	38	6	45	10	89
1000	0,25	38	10	45	10	85
1000	0,25	38	20	45	10	85
1000	0,25	38	30	45	10	92
1000	0,25	38	48	45	10	99
1000	0,25	64	6	45	10	65
...
1000	0,25	77	6	45	10	44
...
1000	0,25	90	6	45	10	47
...
1000	0,25	144	6	45	10	60
...
1000	0,25	144	48	45	10	58

Таблиця 3. Оптимізація кута при вершині при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах ($n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об) та кутах

1000	0,25	38	20	27	10	120
1000	0,25	38	20	45	10	85
1000	0,25	38	20	60	10	70
1000	0,25	38	20	75	10	111
1000	0,25	38	20	120	10	162
1000	0,25	64	20	27	10	95
...
1000	0,25	77	20	27	10	73
...
1000	0,25	90	20	27	10	74
...
1000	0,25	144	20	27	10	86
...
1000	0,25	144	20	120	10	122

На основі таблиці 2, побудуємо графік зміни сил P_z (рис. 2).

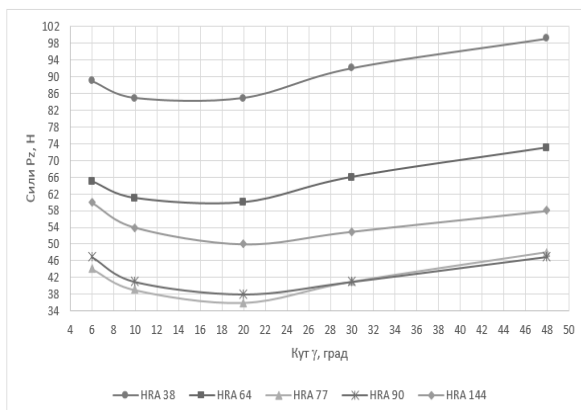


Рис. 2. Графік зміни сил в залежності від кута при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах ($n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об) та кутах

Аналізуючи графік, приведений на рис. 2 можна зробити висновок, що для формування мінімальної сили P_z при усіх значеннях твердості оптимальним є кут

Побудуємо таблицю оптимізації кута при вершині при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах (n, S_p) та кутах (табл. 3).

На основі таблиці 3 побудуємо графік зміни сил P_z (рисунок 3). Згідно графіка, наведеного на рисунку 3, точкою оптимума є кут

Побудуємо таблицю оптимізації заднього кута при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах (n, S_p) та кутах (табл. 4). На основі табл. 4 побудуємо графік зміни сил P_z (рис. 4).

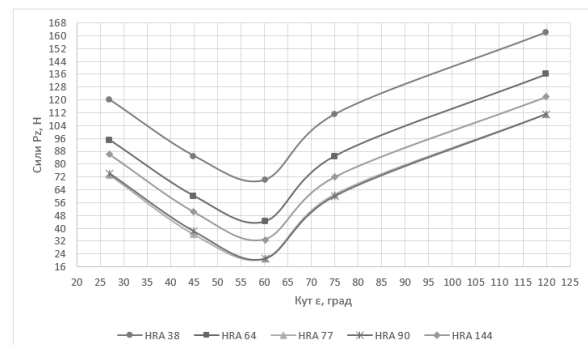


Рис. 3. Графік зміни сил в залежності від кута при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах ($n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об) та кутах

Таблиця 4. Оптимізація заднього кута при різних значеннях твердості і постійних режимних параметрах ($n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об) та кутах

1000	0,25	38	20	60	6	67
1000	0,25	38	20	60	10	70
1000	0,25	38	20	60	15	72
1000	0,25	38	20	60	20	69
1000	0,25	38	20	60	34	65
1000	0,25	64	20	60	6	41
...
1000	0,25	77	20	60	6	17
...
1000	0,25	90	20	60	6	18
...
1000	0,25	144	20	60	6	30
...
1000	0,25	144	20	60	34	26

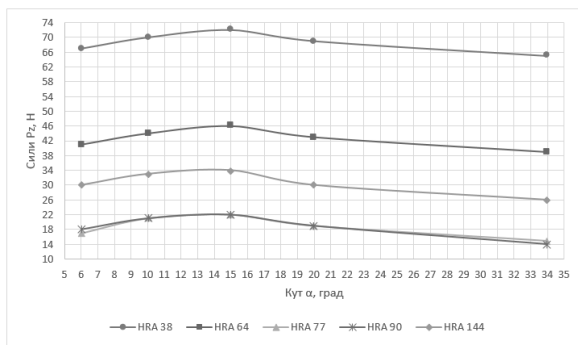


Рис. 4. Графік зміни сил P_z в залежності від кута при різних значеннях твердості, постійних режимних параметрах ($n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об) та кутах

Провівши аналіз графіка, наведеного на рис. 4, робимо висновок, що оптимальним кутом є кут α , який забезпечує формування мінімальних сил P_z . У ході перших двох етапів роботи були отримані сукупності оптимальних параметрів для наступного ряду твердостей матеріалів ріжучого інструменту: $HRA 38$, $HRA 64$, $HRA 77$, $HRA 90$, $HRA 144$. Для подальшого аналізу та порівняння запишемо отримані результати у табл. 5.

Проаналізувавши таблицю оптимальних параметрів для різних твердостей (табл. 5) можна зробити висновок, що оптимальним матеріалом для різця є сплав з твердістю $HRA = 90$, оскільки при обробці ріжучим інструментом з матеріалу такої твердості формується сила найменшої величини, а саме

Таблиця 5. Оптимальні параметри () при різних значеннях твердості ріжучого інструмента

n	S_p	HRA	α	P_z	P_x	P_y
1000	0,25	38	20	60	34	64
1000	0,25	64	20	60	34	39
1000	0,25	77	20	60	34	15
1000	0,25	90	20	60	34	14
1000	0,25	144	20	60	34	26

Висновки та перспективи подальших досліджень

Для максимально енергоефективної обробки різанням зношених пневматичних шин необхідно проводити обробку з режимними параметрами $n = 1000$ об/хв, $S_p = 0,25$ мм/об ріжучим інструментом, виготовленим із матеріалу твердістю $HRA = 90$ з геометричними параметрами

Але слід враховувати, що всі ці параметри будуть оптимальними лише за умови різання шин з матеріалом та конструкцією, аналогічними шинам *Bridgestone 7.1/11.0-5*. Для знаходження оптимальних параметрів обробки інших типів шин необхідно визначити та ввести у рівняння регресії коректувальні коефіцієнти.

ЛІТЕРАТУРА

- Соколов А.Д. Отримання математичної моделі формування сил різання при розрізанні навіпіл зношених автомобільних шин: стаття / Сасов О.О., Авер'янов В.С., Коржавін Ю.А., Соколов А.Д. // Збірник наукових праць «Перспективні технології та прилади»// друкується: Луцький НТУ, 2017.
- https://ru.wikipedia.org/wiki/Переработка_отходов
- Грубый С.В. «Оптимизация процесса механической обработки и управление режимными параметрами» – М. Машиностроение. 2014. 422 с.
- Пестрецов С.И. «Компьютерное моделирование и оптимизация процессов резания» – Уч. пособие для вузов – М. Машиностроение. 2008. 342 с.
- Таровик А.Б. Оптимизация режимов резания при обработке тонкостенных цилиндрических изделий: стаття/ Таровик А.Б., Михайлов А.Н.// Збірник наукових праць «Прогресивні технології і системи машинобудування»//м. Донецьк червень 2014 р.: Донецький НТУ, 2014. №3(49)-4(50).
- Розрахунок режимів різання при точінні аналітичним методом. – Режим доступу: <http://ybulyha.vk.vntu.edu.ua/file/TR/0936c993a0e15107fecdae7fc94cac14.pdf>