

133 – Галузеве машинобудування

УДК 621.91

doi.org/10.31498/2522-9990312026359339

Білодіденко С.В., Іщенко А.О., Кравченко В.М., Капустін С.В.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РЕМІННИХ ПЕРЕДАЧ РОТОРНИХ ПИЛ ГАРЯЧОЇ РІЗКИ

Для сучасного прокатного виробництва актуальним є питання міцності та надійності конструкцій роторних пил, які призначені для різання металопрокату.

Залишалися невирішеними питання надійності вузлів роторних та вдосконалення режимів різання, зокрема швидкості обертання пильного диска. Але за останні пів століття суттєвих змін у питанні вдосконалення конструкцій пил та режимів різання не відбулося.

При аналізі використовуваних конструкцій пилок визначено конструктивні та технологічні недоліки в роботі пил гарячого різання прокату, тому є доцільною подальша робота з удосконалення як обладнання для різання прокату так і технології розкрою прокату.

Враховуючи те, що тривалість різання це короткочасний процес (триває 0,1 сек.), то при визначенні реакцій в опорах дискового валу, що виникають під дією сил різання, можливо розглядати процес різання як ударне явище.

В процесі експлуатації у конструкціях роторних пил гарячого різання через специфічні умови різання були виявлені слабкі ланки, що вимагають подальшого вдосконалення.

Оскільки під час різання відбувається зниження оборотів дискового валу, так звана просадка за швидкістю, яка є одним з негативних факторів, який знижує надійність роторної пили. Просадка за швидкістю не тільки зменшує продуктивність роторних пил, але й викликає інтенсивне проковзування ременів в ремінній передачі механізму обертання диска. Це в свою чергу призводить к зносу як шківів так і потребує регулярної заміни зношених ременів.

Для вирішення проблем зі швидким зношуванням деталей привода роторної пили, які викликані зниженням оборотів дискового валу (просадкою за швидкістю) під час різання, що дає різницю між кутовими швидкостями дискового валу і валу двигуна, у ПДГУ був розроблений режим роботи привода пили, який дозволить позбавитись виникаючої різниці швидкостей валів під час різання за рахунок вимикання двигуна на час коли виконується безпосередньо розкрий прокату, що є можливим за рахунок накопиченої на холостому ході кінетичної енергії маховиками привода диска пили.

Запропонований спосіб різання гарячого прокату дисковою пилою, при якому підвищиться ефективність процесу розкрою прокату за рахунок збільшення міжремонтного періоду пристрою завдяки усуненню сильного проковзування ременів привода роторної пили.

Ключові слова: розкрий, різання, якість, надійність, продуктивність, металопрокат, пилки, недоліки.

Постановка проблеми. До теперішнього часу залишалися невирішеними питання надійності роторних пил із-за короткочасності процесу та виникаючих внаслідок чого значних навантажень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

В останні роки широко застосовуються роторні пилки конструкції ВНІметмашу [1], які працюють на високих швидкостях подачі 1...3 м/с, тоді як традиційні конструкції різуть зі швидкістю 0,007...0,25 м/с.

Крім того, має місце коротка тривалість самого процесу різання. Як відомо, особливістю роторних пил є процес різання заготовки, який займає дуже короткий час. Наприклад, заготовка діаметром 200 мм розрізається за 0,2 секунди, в той час як традиційні конструкції салазкових та маятникових пил виконують цю операцію за 10-20 та більше секунд. Цей ефект досягається за рахунок високих швидкостей подачі диска на різ, які перевищують традиційні режими в 20 та більше разів.

В результаті аналізу стану роторних пил було встановлено, що найбільш схильним до зношування елементом пили є касета, що складається з трьох барабанів, підшипників цих барабанів, ременів на барабанах та корпусу. В свою чергу, основні вузли, які виходять зі строю у касеті це або підшипники, або ремінна передача внаслідок зносу ременів або шківів.

Насамперед на зниження надійності пили суттєво впливає недостатня довговічність підшипників високошвидкісного дискового валу, що сприймає зусилля різання.

Також під час різання відбувається зниження оборотів дискового валу, так звана просадка за швидкістю, що викликає інтенсивне проковзування ременів в ремінній передачі механізму обертання диска, вважаючи, що під час різання двигун намагається підтримувати номінальну кількість оборотів. Це в свою чергу призводить к зносу як шківів так і потребує регулярної заміни зношених ременів. Тому необхідна подальша робота з удосконалення як обладнання для різання прокату так і технології розкрою прокату.

На сьогоднішній день науковцями нашої та інших країн проведено ряд досліджень та опубліковано деякі статті на тему підвищення стійкості до зносу та ефективності використання пил гарячого різання в умовах сучасного металургійного виробництва [2-6]. При цьому залишалися невирішеними питання надійності цих конструкцій.

У статті [5] приведений теоретичний підхід к визначенню впливу на реакції в опорах підшипників дискового валу роторної пили таких факторів як радіальне биття диска та короткочасність процесу різання, яка може бути представлена як ударне навантаження. І тому згідно з існуючими методиками визначення сил різання прокату [7-10] виникає можливість оцінки не тільки реакцій в підшипникових опорах, але і довговічності самих підшипників, яка традиційно визначається по відомій методиці викладеної в [9].

Також у статті [11] виконано визначення довговічності підшипників дискового валу роторної пили з урахуванням таких факторів як радіальне биття диску та ударне навантаження в процесі різання.

Мета дослідження. Метою роботи є удосконалення технології та режимів розкрою прокату для підвищення ефективності роботи пил гарячого різання.

Основний матеріал дослідження. При аналізі конструкцій роторних пил, що використовуються в прокатному виробництві слід звернути увагу на одну особливість роторних пил — незважаючи на різке підвищення швидкостей подачі і, відповідно, збільшення зусиль різання, потужності електродвигунів обертання дисків такі ж або навіть менше, ніж у пилок, наприклад, салазкових з тим же діаметром диска. На рис.1 наведена конструкція роторної пили.

Роторна пила містить пиляльний диск 1, який приводиться в обертання за допомогою електродвигуна 2 і двох пасових передач 3 і 4. Подача пиляльного диска 1 на заготовку 5 здійснюється за допомогою ланки подачі (води́ла) 6, що приводиться в обертання електродвигуном 7 через редуктор 8. На дисковому валу 9, крім веденого шківа 10 пасової передачі 4, розташований маховик 11.

Зазначена невелика потужність двигуна пояснюється тим, що в роторних пилах при великих швидкостях подачі власне процес різання триває десятки частки секунди, робота різання виконується як за рахунок потужності двигуна, так і за рахунок маховиків в приводі диска, які віддають кінетичну енергію, накопичену на холостому ході.

Ремонт та відновлення деталей машин

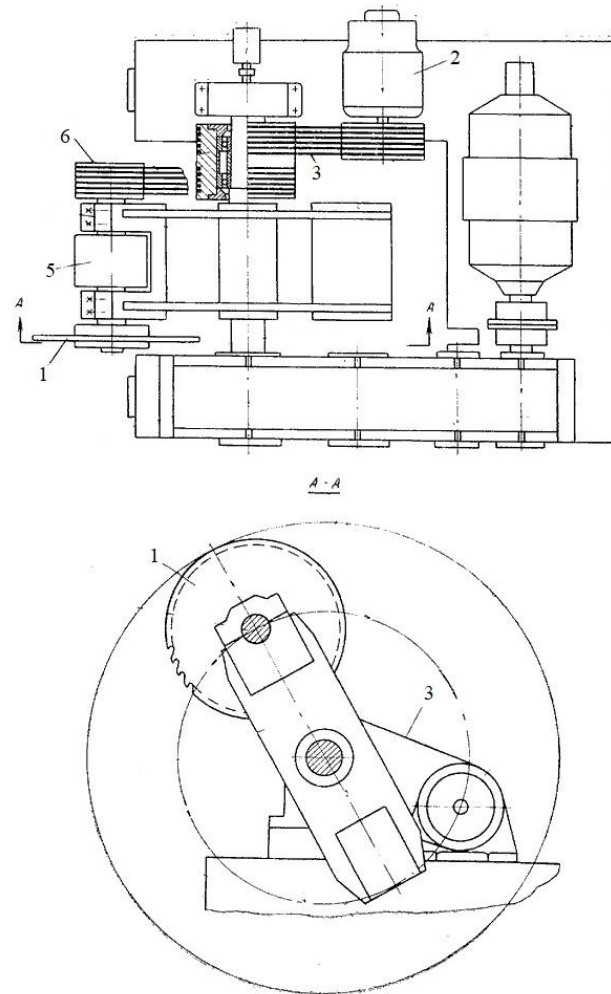


Рисунок 1 – Спосіб різання гарячого прокату

Тому оскільки частину роботи різання перебирає маховик, двигун диска може мати меншу потужність ніж у салазкових пил. Однак під час різання відбувається зниження оборотів дискового валу, так звана просадка за швидкістю, тому продуктивність роторних пилок визначається часом відновлення двигуном номінальних оборотів. Графік зміння швидкості привода диска в процесі роботи виглядає наступним чином.

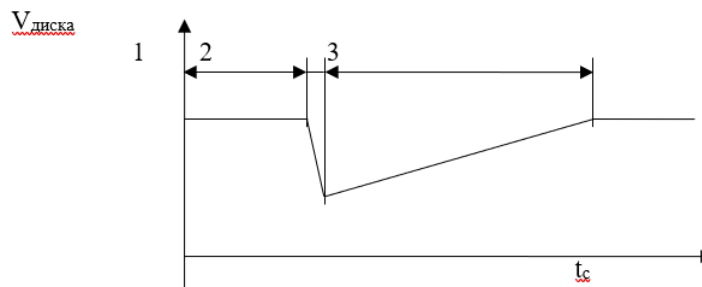


Рисунок 2 – Графік зміння швидкості привода диска в процесі роботи

1 – холостий хід пили перед різом; 2 – час різання;

3 – час відновлення номінальної швидкості.

Однак у самому приводі просадка швидкості на трьох валах: дисковому, проміжному, та валу двигуна (рис. 1) нерівнозначні, оскільки в момент різання двигун продовжує підтримувати номінальні числа оборотів і за рахунок цього просадка швидкості на валу двигуна виявляється менше ніж на дисковому валу враховуючи проковзування у момент різку ременів двох ремінних передач.

Таким чином просадка за швидкістю не тільки зменшує продуктивність роторних пил, але й викликає інтенсивне проковзування ременів в ремінній передачі механізму обертання диска. Це в свою чергу призводить к зносу як шківів так і потребує регулярної заміни зношених ременів.

Згідно розрахунків [11] визначається тривалість процесу різання, який в наступному розглядається, через його короткочасність, як тривалість удару.

Маємо:

$$t_{\text{різа}} = \frac{D_{\text{заготов.}}}{U} \cdot \cos \Psi = \frac{0,3}{2} \cdot 0,7 = 0,105 \text{ с.}$$

Згідно [11] приймаємо величини зниження (просадки) швидкості диска під час різання, які дорівнюють 20% від швидкості диска, що було підтверджено численними експериментами [5]. Таким чином, кутова швидкість зменшиться за час одного різання з $90 \frac{1}{\text{с}}$ до $72 \frac{1}{\text{с}}$

Аналіз впливу такої просадки швидкості та, як наслідок, проковзування ременів двох ремінних передач на строк служби приводу обертання диску, виконаний на одному з металургійних заводів України, де експлуатуються роторні пили, дозволив остаточно встановити, що найбільш схильним до зношування елементом пили є привод, що складається з трьох барабанів, підшипників цих барабанів та ременів на барабанах, вихід зі строю якого складає у середньому приблизно 40 % випадків виходу зі строю серед усіх вузлів роторної пили.

У зв'язку з наявністю вказаної вище проблеми у Приазовському державному технічному університеті був розроблений спосіб [12], який дозволяє зменшити знос ремінної передачі. Зазначений спосіб полягає у використанні запасу кінетичної енергії накопиченого маховиками на валу диска пили.

Для досягнення зазначеного технічного результату диску надають обертання за допомогою електродвигуна і пасової передачі, подальшу подачу дискової пили на різ, властиво розрізання прокату і повернення диска у вихідне положення. Одночасно з початком подачі диска на різ вимикають електродвигун та здійснюють різ за рахунок накопиченої дисковою пилою кінетичної енергії, а потім включають електродвигун для відновлення номінальної швидкості обертання диска і одночасно з цим повертають диск у вихідне положення.

Завдяки тому, що одночасно з початком подачі диска на різ вимикають електродвигун та здійснюють різ за рахунок накопиченої дисковою пилою кінетичної енергії, а потім включають електродвигун для відновлення номінальної швидкості обертання диска і одночасно з цим повертають диск у вихідне положення, стало можливим зменшити інтенсивне проковзування ременів відносно шківів під час розрізання прокату і таким чином значно зменшити зношення ривчаків пасової передачі, а також необхідність частої заміни самих пасів, які зношуються, що збільшує міжремонтний період і відповідно підвищує ефективність процесу різання гарячого прокату.

ВИСНОВКИ

Під час різання відбувається зниження оборотів дискового валу, так звана просадка за швидкістю, що не тільки зменшує продуктивність роторних пил, але й викликає інтенсивне проковзування ременів в ремінній передачі механізму обертання диска. Це в свою чергу призводить к зносу як шківів так і заміні зношених ременів.

Для вирішення проблем зі швидким зношуванням деталей привода роторної пили, які викликані зниженням оборотів дискового валу під час різання, що дає різницю між кутовими швидкостями дискового валу і валу двигуна, у ПДТУ був розроблений режим роботи приводу пили, який дозволить позбавитись виникаючої різниці швидкостей валів під час різання за рахунок вимикання двигуна на час коли виконується безпосередньо розкрий прокату у процесі різання здійснюється за рахунок кінетичної енергії накопиченої на холостому ході маховиками привода диска пили.

Запропонований спосіб різання гарячого прокату дисковою пилою дозволяє підвищити ефективність процесу розкרוю прокату за рахунок збільшення міжремонтного періоду пристрою завдяки усуненню сильного проковзування ременів приводу роторної пили.

Список використаних джерел

1. Крилов Н.І. Різання гарячого металу дисковими зубчатими пилами на підвищених швидкостях подачі / Н.І. Крилов. Ю.Є. Кім – Науч. Тр. ВНІІметмаш. -1996. - №18.-С.174-180.
2. Аналіз способів розкרוю заготовок в лініях прокатних станів / А.О. Іщенко, С.В. Капустін – Наука та виробцтво:Машинобудування і зварювальне виробництво. Дніпро: ДВНЗ «ПДТУ», 2023. № 25. С. 20-26.
3. Іщенко А. О. Ділянки різання прокату дисковими пилами. – К.: Вища школа, 1989,- 61 с.
4. Розрахунок машин та механізмів прокатних цехів. Часть 6. Ножиці и пили. Під ред. Ширяєва А.В. / Ф.К. Іванченко, В.М. Гребеник, В.И. Ширяєв. – Маріуполь, ПДТУ, 2012. - 84 с.
5. Іщенко А. О., Лоза О. А. Пили гарячого різання прокату. Конструкції та розрахунок: Монографія // ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2012. – 251 с.
6. Іщенко А.О., Карпенко Т.М., Капустін С.В. Визначення динамічних складових реакцій в підшипниках дискового валу роторних пил (повідомлення 1). Вісник приазовського державного технічного університету. Серія «Технічні науки». 2023. № 47. С. 165-169.
7. Іванченко Ф.К., Гребеник В.М., Ширяєв В.И. Розрахунок машин та механізмів прокатних цехів. Частина 6. Ножиці и пили : підручник / за ред. А.В. Ширяєва. Маріуполь : ПДТУ, 2012. 84 с.
8. Гребеник В.И., Іванченко Ф.К., Ширяєв В.И. Расчет металлургических машин и механизмов. - К: Вища школа, 1988. — 448 с
9. Гайдамака А.В. Підшипники кочення. Харків : НТУ «ХПІ», 2009. 248 с.
10. Добронос Ю.К. Механічне обладнання металургійних заводів (устаткування прокатних цехів). Краматорськ : ДДМА, 2019. 50 с.
11. Іщенко А.О., Карпенко Т.М., Капустін С.В. Визначення динамічних складових реакцій в підшипниках дискового валу роторних пил (повідомлення 2). Вісник приазовського державного технічного університету. Серія «Технічні науки». 2024. № 48. С. 39-46.

12. Патент на корисну модель № 155157 від 24.01.2024 «Спосіб різання гарячого прокату дисковою пилою».

Belodedenko S.V., Ishchenko A.O., Kravchenko V.M., Kapustin S.V.

RELIABILITY ISSUES OF BELT TRANSMISSIONS OF HOT CUTTING ROTARY SAWS

For modern rolling production, the issue of strength and reliability of rotary saw designs, which are intended for cutting rolled metal, is relevant.

The issues of reliability of rotary units and improvement of cutting modes, in particular the speed of rotation of the saw blade, remained unresolved. But over the past half century, there have been no significant changes in the issue of improving saw designs and cutting modes.

When analyzing the saw designs used, structural and technological shortcomings in the operation of hot cutting saws for rolled metal were identified, therefore it is advisable to continue work on improving both the equipment for cutting rolled metal and the technology of cutting rolled metal.

Considering that the cutting duration is a short-term process (lasts 0.1 sec.), when determining the reactions in the disk shaft supports that arise under the action of cutting forces, it is possible to consider the cutting process as a shock phenomenon.

During operation, weak links were identified in the designs of hot cutting rotary saws due to specific cutting conditions, which require further improvement. Since during cutting there is a decrease in the speed of the disk shaft, the so-called speed drawdown, which is one of the negative factors that reduces the reliability of the rotary saw. Speed drawdown not only reduces the productivity of rotary saws, but also causes intensive slipping of belts in the belt drive of the disk rotation mechanism. This in turn leads to wear of both pulleys and requires regular replacement of worn belts.

To solve the problems with rapid wear of the rotary saw drive parts, which are caused by a decrease in the speed of the disk shaft (speed drop) during cutting, which gives a difference between the angular velocities of the disk shaft and the engine shaft, PSTU developed a saw drive operating mode that will allow getting rid of the resulting difference in shaft speeds during cutting by turning off the engine for the time when the rolled metal is directly cut, which is possible due to the kinetic energy accumulated during idling by the flywheels of the saw disk drive.

A method of cutting hot rolled metal with a circular saw is proposed, which will increase the efficiency of the rolled metal cutting process by increasing the device's maintenance interval due to the elimination of strong slippage of the rotary saw drive belts.

Keywords: *cut, cutting, quality, reliability, productivity, metal rolling, saws, shortcomings.*

Стаття надійшла 06.04.2026р.

Стаття прийнята 09.04.2026р.

Стаття опублікована 30.04.2026р.