

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ РОЗКРОЮ ЗАГОТОВОК В ЛІНІЯХ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

*До теперішнього часу остаточно не вирішена проблема низької продуктивності ділянок різання сортового прокату, обумовлена недостатньою швидкістю процесу розкрою метала дисковими пилами. Частково ця проблема була вирішена шляхом впровадження у 80 роках минулого століття роторних пил, відмінна особливість яких складалась у підвищенні швидкостей пильного диску на прокат під час різання. При цьому залишалися невирішеними питання надійності цих конструкцій 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.*

*На сьогодні у світі все більшою стає необхідність у виготовленні продукції, що виробляється з допомогою електромеханічних систем мірного різання. Виробники ж у свою чергу запитують більшої точності різку, надійності та ремонтпридатності, зменшення браку продукції та економічності.*

*При аналізі використовуваних конструкцій пил 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.*

**Ключові слова.** *Розкрий, різання, якість, надійність, продуктивність, сортовий металопрокат, пилки, недоліки.*

**Постановка проблеми.** До теперішнього часу залишалися невирішеними питання надійності конструкцій роторних пил та вдосконалення режимів різання, зокрема швидкості обертання пильного диска.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** 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. Однак до наступного часу остаточно не вирішена проблема низької продуктивності ділянок різання сортового прокату, обумовлена недостатньою швидкістю процесу розкрою метала дисковими пилами. Частково ця проблема була вирішена шляхом впровадження у 80 роках минулого століття роторних пил, відмінна особливість яких складалась у підвищенні швидкостей пильного диску на прокат під час різання. При цьому залишалися невирішеними питання надійності цих конструкцій 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.

Найчастіше до складу обладнання ділянки різання входять пересувні пилки, що включають елементи різання без застосування упорів, і упори для зупинки прокату. Таке комбінування дозволяє здійснювати різання прокату в широкому діапазоні мірних довжин. Оцінюючи існуючі схеми, необхідно сформулювати основні вимоги до ділянок різання. До них насамперед слід віднести: 1) наявність резерву продуктивності порівняно з продуктивністю стану; 2) надійність у роботі та можливість резервування; 3) точність відрізки мірних довжин; 4) можливість швидкого переналагодження на іншу мірну довжину; 5) мінімальні займана площа та металомісткість.

Існують наступні схеми ділянок різання:

## Машинобудування і зварювальне виробництво

Перша з існуючих схем з візуальним заміром довжини (замір довжини по лінійці, розташованій на борту роликового конвеєра) застосовується на застарілих станах, де заготовки після різання піддаються торцювці. Таке рішення в даний час, коли пред'являються підвищені вимоги до якості та економії металу, перспектив подальшого застосування не має.

Друга існуюча схема з використанням стаціонарних або пересувних упорів практично повністю відповідають викладеним вимогам. Надійність цих ділянок висока при порівняно невеликій площі внаслідок застосування мінімуму обладнання.

Наступна третя схема ділянок різання включає пересувні варіанти виконання пилок. Їх застосування значно збільшує продуктивність ділянки, проте при цьому знижується надійність його роботи через підвищення ймовірності поломки однієї з кількох пилок. Слід також наголосити і на необхідності застосування додаткових механізмів пересування пилок, що працюють в умовах потрапляння на напрямні води, стружки та окалини. Крім того, суттєво збільшується площа, яку займає ділянка. Є й інші недоліки у разі використання пересувних пилок, наприклад тривале налаштування на мірну довжину, необхідність виконання секцій роликового конвеєра рухомими через можливе попадання диска на ролик при зміщенні пилки. З'являються проблеми при різанні коротких заготовок (3...7 м).

Ще одна четверта група передбачає роздвоєння потоку транспортування прокату після чистової кліті та його різання в дві лінії. Таке рішення є більш економічним, ніж попередні оскільки дозволяє скоротити довжину ділянки різання та вагу обладнання. Однак застосування цього варіанту ускладнюється необхідністю використовувати механізм стрілочного тину, який призводить до викривлення смуги, що важко піддається правці. Виключити цей недолік можна використанням шлеперів передачі смуги з транспортного роликового конвеєра на лінію різання.

За майже сторічну історію розвитку та вдосконалення різання металу дисками розроблено та успішно експлуатуються кілька конструктивних варіантів дискових пилок. Розрізняють три основні групи пил (рис.1): 1) стаціонарних, 2) пересувних і 3) летючих.

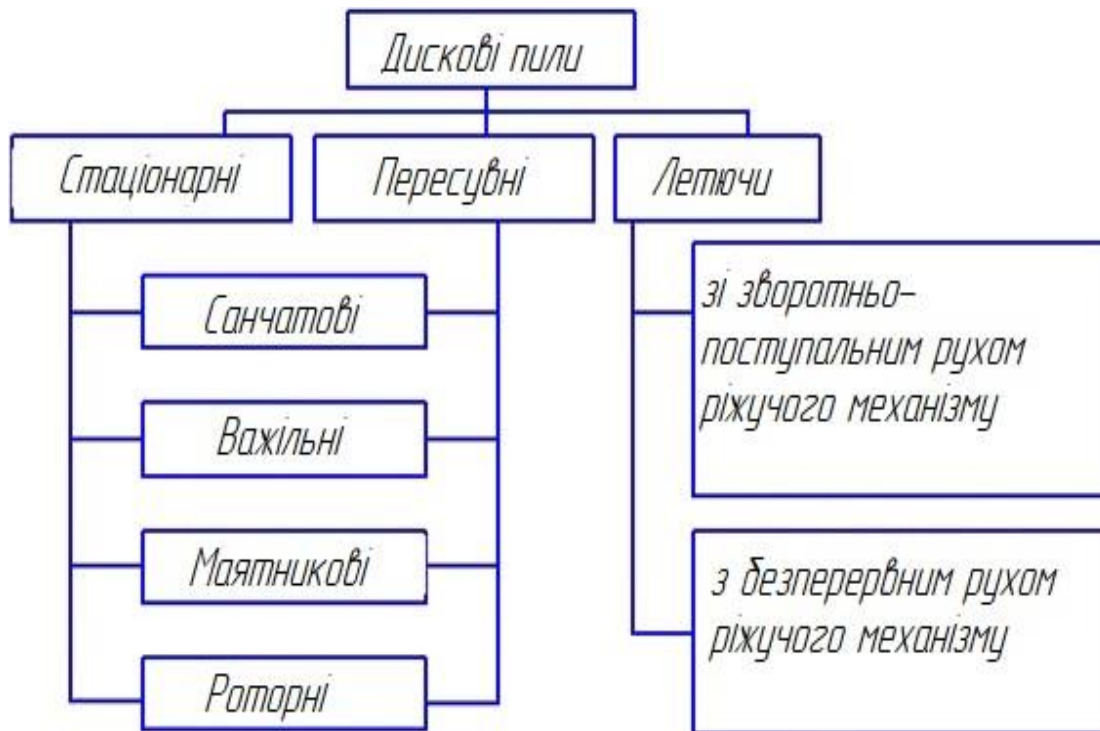


Рисунок 1 – Класифікація дискових пилок для розкрою прокату

## Машинобудування і зварювальне виробництво

Пилки першої групи призначені для різання прокату із зупинкою його на роликовому конвеєрі. Пили другої групи можна переміщати щодо роликового конвеєра, що дозволяє різати заготовки різної довжини. Однак при їх роботі, як і у разі використання стаціонарних пилок, прокат необхідно зупинити на роликовому конвеєрі для розкрою. Летючі пилки призначені для різання прокату під час його переміщення по роликовому конвеєру і застосовуються переважно при прокатці з великими швидкостями, коли зупинка прокату для його різання недоцільна (прокатка труб малого діаметра). Детальний опис їх конструкцій та технічні характеристики вкладені в [1-7].

Відповідно до наведеної на рис. 1 класифікації стаціонарні та пересувні пили за способом подачі диска в зону різання поділяються на салазкові, важільні, маятникові та роторні.

В останні роки широко застосовуються роторні пилки конструкції ВНШметмашу [7], які працюють на високих швидкостях подачі 1...3 м/с, тоді як традиційні конструкції ріжуть зі швидкістю 0,007...0,25 м/с.

Збільшення швидкостей різання дозволило збільшити продуктивність пилок, підвищити стійкість пильних дисків і значно розширити діапазон перерізів, що розрізаються. Досягнення таких швидкостей при використанні традиційних конструкцій пилок не представляється можливим через зворотно-поступальний рух ланки подачі, що несе пильний диск. Відомо, що цикл різання в будь-якому випадку насамперед залежить від того, наскільки швидко ланка подачі може бути зупинена та повернена у вихідне положення. До того ж, при великих швидкостях подачі в момент зупинки і реверсу різко зростають динамічні навантаження на механізм. Крім того, розкрій прокату суцільних заготовок діаметром 270 мм і більше на салазкових пилках стає практично неможливим через низьку стійкість пильних дисків. У зв'язку з цим в основу конструкцій роторних пилок покладено принцип кругового переміщення пильного диска. Виключається, таким чином, зворотно-поступальний рух ланки подачі, що дає можливість досягти високих швидкостей подач диска при незначних динамічних навантаженнях.

**Мета дослідження.** Метою роботи є подальша робота з удосконалення як обладнання для різання прокату так і технології та режимів розкрою прокату для підвищення ефективності роботи пил гарячого різання.

**Основний матеріал дослідження.** Щоб у першому наближенні порівняти пропускну спроможність найпоширеніших схем розкрою прокату і виявити «вузькі місця» у технологічному процесі розкрою профілів, як критерій такого порівняння обрана годинна продуктивність ділянки, шт./год:

$$Q = \frac{3600xt_n}{T_p}$$

де  $T_p$ - кількість одночасно розкатів, що розрізаються.

Нижче наведено результати розрахунку продуктивності різних ділянок різання при наступних вихідних даних:  $L = 52$  м,  $I = 12$  м,  $t_{nm} = 7$  с,  $t_v = 3$  с,  $l_\phi = 2$  с,  $p = 1$ ,  $t_0 = 3$  с (роторні пилки),  $t_{,} = 16$  с (салазкові пилки),  $t_o = 10$  с (важільні пилки, що мають чотири ланки). Швидкість роликового конвеєра 1...5м/с, кількість одночасно розрізаних розкатів 1...4 шт. Результати розрахунку продуктивності наведені у вигляді графічних залежностей (рис.2.).

## Машинобудування і зварювальне виробництво

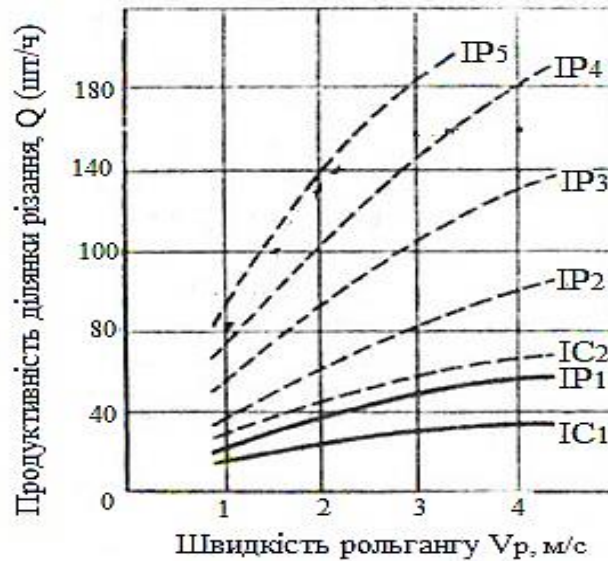


Рисунок 2 – Графічні залежності продуктивності ділянок різання Q від швидкості транспортування прокату для різних схем компонування:  
 С - салазкові пилки, Р - роторні пилки; І - номер групи компонувальної схеми;  
 2, 3...5 — кількість розкатів, що одночасно розрізаються.

Аналіз побудованих графіків показує, що застосування високопродуктивних роторних пилок (Р) у порівнянні з пилами салазковими (С) за інших рівних умов в 1,5...2 рази підвищує пропускну здатність ділянок різання (наприклад, ІС і ІР, з індексами 1, 2 і т. д.). В той же час різання одиночних розкатів на ділянках І групи навіть з використанням роторних пилок не дозволяє досягти високої продуктивності (при  $V_p = 2,5$  м/с,  $Q = 42$  шт /ч). Однак ця схема володіє великим резервом продуктивності при збільшенні числа розкатів, що одночасно розрізаються. Так, наприклад, при пакетному різанні роторними пилами 3 і 4 розкатів ( $V_p = 2,5$  м/с) продуктивність ділянок І групи стає відповідно 125 і 155 шт/год. . Цей результат змушує розглядати схеми 1 групи, як найбільш перспективні з точки зору пропускну здатності. Вони з резервом можуть забезпечити продуктивність будь-якого прокатного стану. На користь такого висновку слід віднести і ті переваги, про які було сказано раніше (надійність, невелика площа, тощо).

Розрахована вище продуктивність ділянок не може бути досягнута без чіткої, надійної та високопродуктивної роботи допоміжного обладнання, до якого слід віднести упори для зупинки прокату, роликів конвеєр, пристрої для притиску прокату, прибирання обрізу та відбору проб. Для цього застосовуються або стаціонарні упори з набором буферів, розташованих на відстані один від одного, або упори у пересувному виконанні.

При різанні без застосування упорів відмір заготовок виконується шляхом попереднього розміщення пилок на необхідній відстані одна від одної. Ця операція займає значний час, оскільки крім встановлення пилок потрібно поєднати прорізи в плитних настилах з площинами ріжучих дисків пилок. Подібне поєднання здійснюється на деяких станах шляхом виконання окремих секцій плитного настилу у вигляді набору знімних колосників і наступного знімання відповідного колосника в місці виконання прорізу. Більш складне вирішення цього завдання, але водночас і більш економічно, використовується в лінії універсального балкового стану НТМК. Кожна пила в цій лінії має на своїй рамі секцію роликів конвеєра з плитним настилом і відповідним прорізом для диска. А між пилами встановлюються рухомі секції роликів конвеєрів. Таке рішення безумовно дозволяє полегшити зміну налаштування пилок

## Машинобудування і зварювальне виробництво

на інший розмір. Однак у будь-якому випадку простої ділянки на переналагодження залишаються значними.

Різання без застосування упорів, що здійснюється за один прийом 5-6 пилами, як правило, поєднується з корекцією мірних довжин, що відрізаються в залежності від температури прокату, яку він має при перетині кордону ділянки різання. На початку ділянки різання встановлюються оптичні пірометри, пов'язані з автоматичною системою керування приводами переміщення пилок. За час транспортування прокату роликів конвеєром пили виставляються на заданий розмір з урахуванням температури. Їх відхилення від початкового положення невеликі, і диск потрапляє в той самий проріз у плитному настилі, що й за попередньої установки. Використання такого способу суттєво підвищує точність різання по довжині.

Закріплення прокату на роликівому конвеєрі в загальному циклі різання займає 2-3 секунди, що становить (10...15 %) тр. Скорочення цього часу або поєднання цієї операції з іншими може збільшити пропускну здатність ділянки різання.

Аналіз продуктивності ділянок різання показав, що найдовшою операцією в процесі розкрою смуги є її транспортування роликівому конвеєром на позицію різання. Тому вибору оптимальної швидкості конвеєра має приділятися особлива увага.

При аналізі використовуваних конструкцій пилок слід звернути увагу на одну особливість роторних пилок — 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. Зазначене пояснюється тим, що в роторних пилах при великих швидкостях подачі власне процес різання триває десяті частки секунди, і маховики в приводі диска віддають кінетичну енергію, накопичену на холостому ході. Тому частину роботи різання перебирає маховик і двигун диска може мати невелику потужність. Однак під час різання відбувається зниження оборотів дискового валу, так звана просадка за швидкістю, тому продуктивність роторних пилок визначається часом відновлення двигуном номінальних оборотів. Лише після відновлення номінального числа оборотів може подаватися команда виконання наступного різку. Просадка за швидкістю не тільки зменшує продуктивність роторних пилок, 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.

## ВИСНОВКИ

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, потрібна розробка режиму 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.

Згідно з виконаного аналізу стає зрозумілим, що оптимізація процесу розкрою прокату на мірні довжини може здійснюватися переважно за рахунок внутрішніх резервів технологічного процесу шляхом скорочення тривалості тієї чи іншої операції, їх суміщення і т.п.



## Машинобудування і зварювальне виробництво

### Список використаних джерел:

1. Максилейсон А.М. Безперервні агрегати пічного зварювання труб / А.М. Максилейсон. Ю.М. Медников. – М.: Металургія, 1972. -223с.
2. Максилейсон А.М. Автоматичні летучі пили для різання труб / А.М. Максилейсон. Ю.С. Комісарчук. – М.: Черметінформація, 1967.-24с.
3. Ріжучі машини прокатних цехів. Ч. II. А14-70 / Е.А. Жукевич-Стоша, А.З. Слонім, П.І. Сидоров. – М.: НІІнформтяжмаш, 1971.-167с.
4. Целіков А.І. Механізми прокатних станів / А.І. Целіков – М.: Машгиз, - 1946.-277 с.
5. Корольов А.А. Конструкції та розрахунок машин та механізмів прокатних станів / А.А. Корольов – М.: Металургія, 1985. -376с.
6. Краузе Г.Н. Обладнання прокатних станів / Г.Н. Краузе – М.; Л.: Машгиз, - 1963.-265 с.
7. 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.
8. Ищенко А. О., Лоза Є. А. Пили гарячого різання прокату. Конструкції та розрахунок: Монографія // ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». – Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2012. – 251 с.

Ищенко А.А., Капустин С.В.

### АНАЛИЗ СПОСОБОВ РАСКРОЯ ЗАГОТОВОК В ЛИНИЯХ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

*До настоящего времени окончательно не решена проблема низкой производительности участков резки сортового проката, обусловленная недостаточной скоростью процесса раскроя металла дисковыми пилами. Частично эта проблема была решена путем внедрения в 80-х годах прошлого века роторных пил, отличительная особенность которых заключалась в повышении скоростей пильного диска на прокат во время резки. При этом оставались нерешенными вопросы надежности этих конструкций и усовершенствования режимов резки, в частности скорости вращения пильного диска. Но за последние полвека существенных изменений в вопросе усовершенствования конструкций пилы и режимов резки не произошло.*

*На сегодняшний день в мире все больше становится необходимость в изготовлении продукции, производимой с помощью электромеханических систем мерной резки. Производители же в свою очередь запрашивают большую точность реза, надежность и ремонтпригодность, уменьшение брака продукции и экономичность.*

*При анализе используемых конструкций пил определены конструктивные и технологические недостатки в работе пилы горячей резки проката, поэтому целесообразна дальнейшая работа по усовершенствованию как оборудования для резки проката так и технологии раскроя проката.*

**Ключевые слова.** Раскрой, резка, качество, надежность, производительность, сортовой металлопрокат, пилы, недостатки.

Ishchenko A.A., Kapustin S.V.

### ANALYSIS OF METHODS FOR CUTTING BLANKS IN THE LINES OF ROLLING MILLS

*To date, the problem of low productivity of sections for cutting long products, due to the insufficient speed of the process of cutting metal with circular saws, has not been finally solved. This problem was partially solved by the introduction of rotary saws in the 80s of the last century, the distinctive feature of which was to increase the speed of the saw blade for hire during cutting. At the same time, the issues of the reliability of these structures and the 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 dust designs and cutting modes.*

*Today in the world there is an increasing need for the manufacture of products manufactured using electromechanical dimensional cutting systems. Manufacturers, in turn, demand greater cutting accuracy, reliability and maintainability, reduced product defects and cost-effectiveness.*

*When analyzing the designs of saws used, design and technological shortcomings in the operation of a hot-rolled saw were identified; therefore, further work is expedient to improve both the equipment for cutting rolled stock and the technology for cutting rolled stock.*

**Keywords.** *Cutting, cutting, quality, reliability, productivity, sectional metal, saws, shortcomings.*

*Стаття надійшла 15.03.2022 р.*

УДК 621.791.92

[doi.org/10.31498/2522-9990252023286602](https://doi.org/10.31498/2522-9990252023286602)

Щербаков С. В., Черевко О. О.

### РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ НАПЛАВКИ

*Авторами запропоновано систему управління процесом електродугового наплавлення за двома ідентичними каналами, які містять регулятор і блок управління кроковим двигуном. Показано, що в системі керування доцільно використовувати крокові двигуни з функцією стеження за положенням валу для реалізації зворотного зв'язку. Інформація про його положення по кожному з каналів надходить на вхід регулюючого контролера для формування сигналів управління, пропорційних величині неузгодженості. Розроблено спеціалізоване програмне забезпечення для управління швидкістю обертання двигунів із застосуванням заданих алгоритмів переміщення легуючого електроду. З метою тестування програмного забезпечення та практичної реалізації моделі управління кроковими двигунами створено програмно-технічний комплекс. До складу комплексу входять: експериментальний стенд, персональний комп'ютер, програмований мікроконтролер, система управління. На базі програмованого мікроконтролера розроблено альтернативну схему управління біполярними кроковими двигунами постійного струму типу NEMA 17 (23) із застосуванням мостових силових драйверів. Програмування мікроконтролера здійснюється з використанням персонального комп'ютера. Формування сигналів управління приводами подачі електродів з різним вмістом легуючих елементів здійснюється програмно відповідно до заданого закону (функціональної залежності). Встановлено, що узгоджене управління всіма приводами установки дозволяє управляти процесом нанесення шару складної конфігурації та змінного*