

УДК 621.965.01

ГРЕЧАНИЙ Олексій Миколайович, аспірант

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГІЛЬЙОТИННИХ НОЖИЦЬ ПРОКАТНОГО СТАНУ

Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Подано розрахункові залежності процесу різання прутків діаметром 22 мм на гільйотинних ножицях сортового стану «325», що одержано за допомогою імітації зазначеного процесу з використанням графічного редактора. Побудовано графіки залежності зусилля різання від кута нахилу ножа, а, також одержано коефіцієнти, які дозволяють легко розраховувати кількість прутків, що одночасно розрізають, для конкретного кута нахилу ножа та діаметра прутка.

Ключові слова: прокатний стан, гільйотинні ножиці, зусилля різання, кут нахилу ножа, дослідження

Вступ. Працездатність сортопрокатних станів у цілому та їх головні показники (продуктивність, витрата електроенергії та ін.) в значній мірі залежать від ефективності роботи ножиць холодного різання готового прокату.

Практика їх експлуатації показала, що найбільш ефективними є ножиці з одним похилим ножем. Проте і вони ще є далекими від конструктивної досконалості та неповною мірою відповідають сучасним вимогам щодо якості порізки прокату.

В зв'язку з цим виникає необхідність розробки конструкції механізму різання, яка відповідає сучасним технологічним та експлуатаційним вимогам.

Аналіз проблеми. Відомо, що головними показниками, які визначають ефективність роботи механізму гільйотинних ножиць у цілому, є кількість прутків, що одночасно розрізають, рівний торець частини, яку відрізають, а також термін служби ножів і безвідмовна робота самого механізму.

З теорії різання [1-2], відомо, що зазначений технологічний процес характеризується чотирма етапами:

– підминання металу, якого розрізають ножами, й утягання частини його поверхні, що не стикається з ними;

– проникання ножа на глибину, що дорівнює $\epsilon_{над} \cdot \delta$, де $\epsilon_{над}$ – коефіцієнт надрізування; δ – товщина металу, якого розрізають; при цьому в місці найбільшого навантаження вичерпується здатність деформації зерен металу та відбувається поява тріщини, яка починається з боку рухливого ножа;

– початок утворення тріщини під верхнім ножем за подальшим поглибленням тріщини над нижнім ножем;

– зустріч двох тріщин, що починається після проникання рухливого ножа на глибину відривання $\epsilon_{над} \cdot \delta$, яка характеризує початок сколювання, що відбувається щодо деякої кривої поверхні.

Таким чином, для здійснення всіх етапів різання необхідно створити необхідне зусилля, яке буде зростати із збільшенням товщини металу.

Аналіз конструкції ножиць показує, що кут нахилу ножа можна збільшити за рахунок незначного змінювання конструкції верхнього супорта. Для обґрунтування цього слід виконати оцінку впливу двох головних факторів: діаметра прутка, що розрізають, і кута різання, – на зусилля різання.

Мета роботи. Із врахуванням вище наведеного аналізу для удосконалення процесу різання сортового прокату (прутків), на ножицях зусиллям 500 т сортового стану «325» у роботі поставлено завдання:

– виконати аналітичні дослідження впливу змінювання кута нахилу ножа на площу перерізу прутків, що одночасно розрізають, і вибрати найбільш раціональний кут нахилу відносно нижнього ножа.

– виконати дослідження впливу величини кута нахилу на силу різання;

– здійснити оптимізацію параметрів і характеристик різання на сортових гільйотинних ножицях.

Реалізація задачі. Розміри перерізів, що допускають для різання на ножицях даного типу, визначаються їх призначенням і максимальним зусиллям різання. Хід ножів вибирають з урахуванням можливості безперешкодного проходу металу максимального перерізу під лапою механічного притиску.

Під час різання листового металу, згідно роботі [1], на ножицях з одним похилим ножем опір різанню здійснює не вся площа перерізу

листа, як під час різання паралельними ножами, а тільки деяка невелика його частина у вигляді трикутника. Очевидно, що завдяки нахилу ножа зусилля різання значно зменшується. Окрім того, під час проникання ножа у метал різання (зрушення) відбувається не за всім перерізом трикутника, а тільки за частиною його у вигляді трапеції, що пов'язано з тим, що у вершини трикутника відбувається відривання (сколювання) металу.

Таким чином, площа трапеції, що здійснює опір різанню, дорівнює:

$$F = \frac{(2 - e_n) \cdot e_n \cdot h^2}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (1)$$

де e_n – коефіцієнт надрізування, що дорівнює відношенню глибини проникання ножів наприкінці різання до вихідної висоти перерізу металу; h – висота металу, що розрізають.

Зусилля різання визначають як

$$P = \tau_{\text{сер}} \cdot F, \quad (2)$$

де $\tau_{\text{сер}}$ – середній опір різанню за перерізом трапеції, очевидно, що під час різання металу $\tau_{\text{сер}} = \sigma_6$; σ_6 – тимчасовий опір руйнуванню для конкретної марки сталі.

В зв'язку з недоскональністю конструкції ножів та матеріалів, з яких їх виготовляють, виникає необхідність введення коефіцієнтів, що дають змогу компенсувати всі ці недоліки. Вводячи коефіцієнти k_1 , k_2 і k_3 , одержують розрахункову формулу для визначення зусилля різання:

$$P = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 (2 - e_n) \cdot e_n \cdot h^2 \cdot \sigma_B}{2 \operatorname{tg} \alpha}, \quad (3)$$

де k_1 – коефіцієнт властивостей матеріалу, для сталі 3 приймають $k_1 = 1,0$; k_2 – коефіцієнт підвищення зусилля за притупленням ножів, $k_2 = 1,2-1,3$; k_3 – коефіцієнт підвищення зусилля під час збільшення бічного зазору між ножами за їх тривалого використання.

В зв'язку з тим, що під час різання верхній гільйотинний ніж відгинає частину прокату, що відрізають зверху вниз, то для здійснення роботи вигину потрібним є додаткове зусилля. Таке зусилля враховують, приймаючи підвищене значення коефіцієнта k_3 у межах 1,4-1,6.

З аналізу формули (3) можна зробити наступні висновки:

– із збільшенням глибини різання й межі міцності матеріалу, що розрізають, зусилля різання зростає;

– зусилля різання є пропорційним квадрату товщини прокату та обернено пропорційним тангенсу кута нахилу ножа.

Під час різання фасонного прокату (прямокутного, квадратного, круглого поперечного перерізу) доцільно використовувати ножі, які мають конструктивне виконання зі струмками, котрі мають форму поперечного перерізу прокату, що розрізають [2]. Тоді різання буде виконуватися за всією площею ріжучої кромки ножа, а не за трапецією. У такому разі формула (3) приймає вигляд:

$$P = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot S \cdot \sigma_B, \quad (4)$$

де S – площа поперечного перерізу прокату під час різання; σ_6 – часовий опір руйнуванню, для сталі 3 $\sigma_6 = 460 \text{ Н/мм}^2$.

Для знаходження максимального зусилля різання, яке виникає за перерізом круглого прутка, необхідно обчислити площі, що перерізають для різних кутів нахилу верхнього ножа – 0, 2, 4, 6 і 8°. Таку операцію доцільно виконати в графічному редакторі «Компас Графік», що дозволить здійснити автоматичний прорахунок усіх площин перерізу, виконуючи імітацію різання з кроком 10 мм.

З рис. 1 видно, що для порізки дванадцяти прутків діаметром 22 мм, за кутом нахилу 0° – необхідний хід супорта повинен бути не менше ніж 107 мм, а під час зростання кута нахилу ножа до 8° значення його ходу збільшується до 183,5 мм, що конструктивно важко виконати. Тому найвигідніше значення кута нахилу знаходиться у межах 2-6°. Отримуючи за допомогою графічного редактора сумарні площі перерізів, виконують обчислення зусиль, які виникають під час різання ножами з різним кутом нахилу. Одержані данні подано у табл. 1.

За одержаними значеннями зусилля різання побудовано графіки залежності площі різання від кута нахилу ножа (рис. 2,а), та сили різання від кута його нахилу (рис. 2,б).

На графіках чітко видно помітне зменшення сумарної площі перерізу прутків, що розрізають, а також зниження зусилля різання, але збільшення кута більше 6° не дає такого вагомого результату як у діапазоні між 2 і 6°, тому очевидно, що з технологічних та конструктивних міркувань значення кута нахилу верхнього ножа має коливатися у зазначеному проміжку.

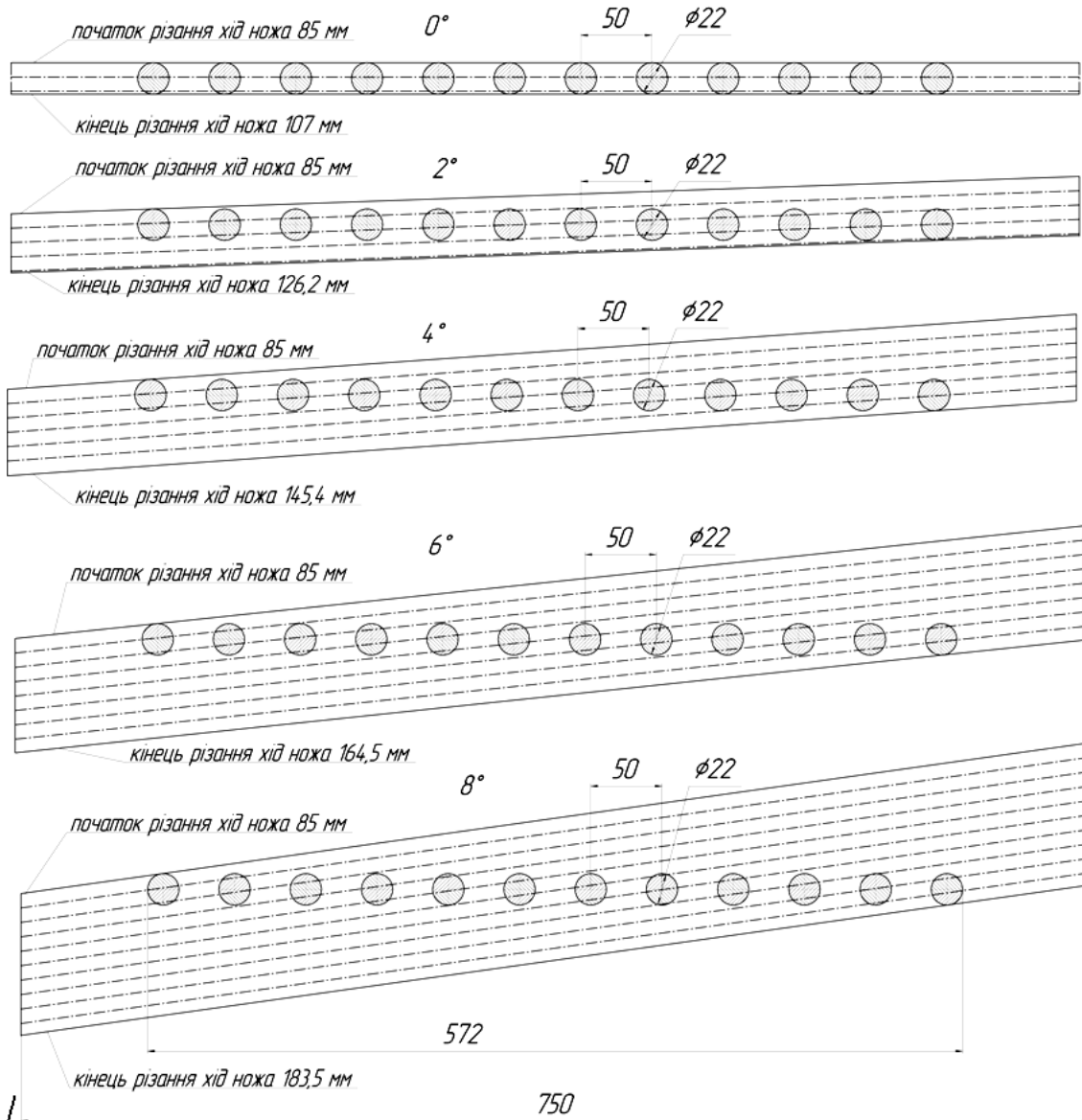
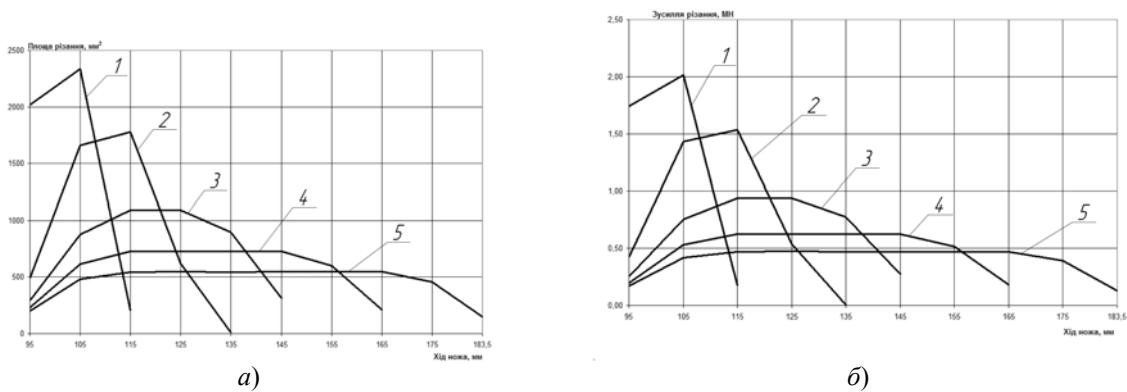


Рисунок 1 – Імітація різання прокату ножицями з похилим ножом і кутом нахилу верхнього ножа 0-8°



1, 2, 3, 4, 5, 6 – кут нахилу ножа відповідно 0, 2, 4, 6 і 8°

Рисунок 2 – Залежність площі матеріалу, що перерізають, (а) та зусилля різання (б) від ходу ножа та кута його нахилу

Таблиця 1 – Результати розрахунків зусилля різання для різних значень кута нахилу ножа

| Кут нахилу, град | Хід ножа, мм | Сумарна площа, що розрізають, мм ² | Зусилля різання, МН |
|------------------|--------------|---|---------------------|
| 0 | 95,0 | 2017,2 | 1,74 |
| | 105,0 | 2338,0 | 2,02 |
| | 107,0 | 206,4 | 1,78 |
| 2 | 95,0 | 493,4 | 0,43 |
| | 105,0 | 1658,6 | 1,43 |
| | 115,0 | 1779,1 | 1,53 |
| | 125,0 | 622,4 | 0,54 |
| | 126,2 | 8,0 | 0,07 |
| 4 | 95,0 | 293,7 | 0,25 |
| | 105,0 | 877,2 | 0,76 |
| | 115,0 | 1089,9 | 0,94 |
| | 125,0 | 1090,0 | 0,945 |
| | 135,0 | 895,9 | 0,77 |
| | 145,4 | 314,8 | 0,27 |
| 6 | 95,0 | 228,9 | 0,20 |
| | 105,0 | 616,4 | 0,53 |
| | 115,0 | 727,2 | 0,63 |
| | 125,0 | 727,0 | 0,63 |
| | 135,0 | 726,9 | 0,63 |
| | 145,0 | 727,0 | 0,63 |
| | 155,0 | 599,4 | 0,52 |
| | 164,5 | 208,7 | 0,18 |
| 8 | 95,0 | 199,9 | 0,17 |
| | 105,0 | 483,4 | 0,42 |
| | 115,0 | 543,1 | 0,47 |
| | 125,0 | 549,3 | 0,47 |
| | 135,0 | 544,4 | 0,47 |
| | 145,0 | 547,1 | 0,47 |
| | 155,0 | 545,7 | 0,47 |
| | 165,0 | 545,6 | 0,47 |
| | 175,0 | 454,3 | 0,39 |
| | 183,5 | 148,7 | 0,13 |

Аналіз одержаних залежностей свідчить про те, що змінювання кута нахилу ножа дає змогу зменшити зусилля різання щодо відношення до кута 0°: у 1,3 разів – для кута 2°, у 2,1 разів – для кута 4°, у 3,2 разів – для кута 6° та у 1,38 разів – для кута 8°.

За встановленим максимальним значенням зусилля різання змінювання кута нахилу ножа дозволить, не змінюючи встановленої потужності ножиць, збільшити кількість прутків, що одночасно розрізають, щодо відношення до кута 0°: у 1,14 разів для кута 2; у 1,45 разів – для кута 4°, у 1,78 разів – для кута 6° та у 1,94 разів – для кута 8°.

Маючи одержанні значення коефіцієнтів та паспортні данні ножиць, легко отримати розра-

хункові значення кількості прутків, що одночасно розрізають, для будь-якого металу круглого поперечного перерізу на гільйотинних ножицях з можливістю підбирання кута нахилу ножа та зусилля різання.

Висновки. Дослідження режимів різання на гільйотинних ножицях з верхнім похилим ножем дозволили одержати залежність, з використанням якої можна підбирати технологічні параметри різання круглого прокату та оптимізувати силові параметри процесу різання залежно від кута нахилу верхнього ножа, без застосування громіздких і складних теоретичних розрахунків.

Бібліографічний список

1. **Королев, А. А.** Конструкции и расчет машин и механизмов прокатных станов [Текст] / А. А. Королев. – М.: Металлургия, 1969. – 464 с.
2. **Целиков, А. И.** Машины и агрегаты металлургических заводов [Текст] / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребенник ; учебник в 3-х томах. – Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Металлургия, 1988. – 680 с.
3. **Иванченко, Ф. К.** Розрахунок машин і механізмів прокатних цехів. [Текст] / Ф. К. Иванченко, В. М. Гребенник, В. І. Ширяев ; навч. посібник – Київ : Вища школа, 1995. – 455 с.
4. **Целиков, А. И.** Прокатные станы [Текст] / А. И. Целиков, В. В. Смирнов ; учебник. – М. : Металлургия, 1958. – 432 с.

ГРЕЧАНЫЙ Алексей Николаевич, аспирант кафедры механического оборудования, Национальная металлургическая академия Украины (Днепр, Украина). E-mail: tartalet@ukr.net

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГИЛЬОТИННЫХ НОЖИЦ ПРОКАТНОГО СТАНА

Представлены расчетные зависимости процесса резания прутков диаметром 22 мм на гильотинных ножницах сортового стана «325», которые получены при помощи имитации указанного процесса в графическом редакторе. Построены графики зависимости усилия резания от угла наклона ножа, и получены коэффициенты, которые позволяют легко рассчитывать количество одновременно разрезаемых прутков для конкретного угла наклона ножа и диаметра прутка.

Ключевые слова: прокатный стан, ножницы, усилие резания, угол наклона ножа. исследования

GRECHANY Oleksiy, Graduate Student of Department of Metallurgical Equipment, National Metallurgical Academy of Ukraine (Dnieper, Ukraine). E-mail: tartalet@ukr.net

FOUNDATION OF CHOICE OF TECHNICAL PARAMETERS FOR GUILLOTINE SCISSOR OF ROLLING MILL

The calculation dependences of cutting process for rods with a diameter of 22 mm on scissors rolling mill «325», which are obtained with use simulation of mentioned process in a graphic editor. A graphic dependences of cutting force on the angle of the knife are constructed and coefficients that make it easy to calculate the quantity of simultaneously rods for a specific angle and diameter rod are got.

Keywords: rolling mill, scissor, cutting force, blade angle of knife, researchs

Стаття надійшла до редакції 12.07.2017 р.
Рецензент, проф. С.В. Білодіденко

Текст даної статті знаходиться на сайті ЗДІА в розділі Наука
<http://www.zgia.zp.ua>