



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 163658

(13) U

(51) МПК

B21B 1/18 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

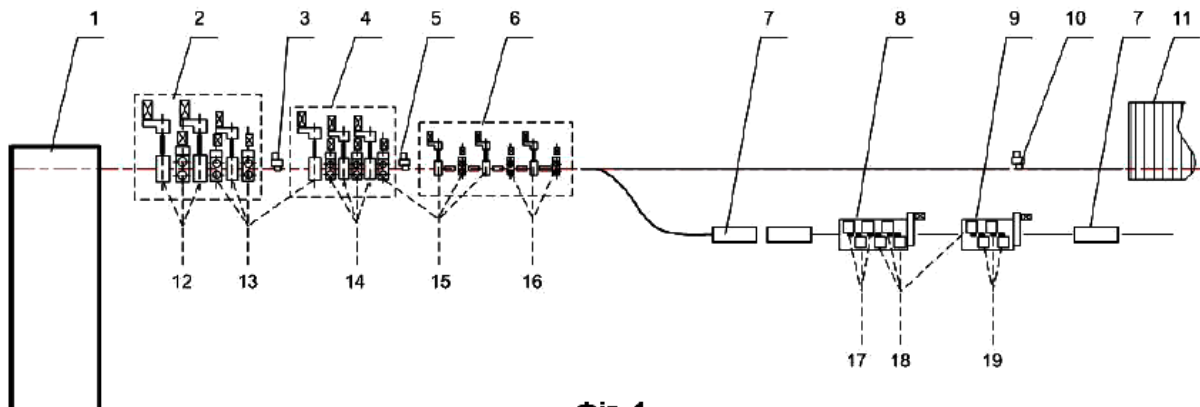
(21) Номер заявки: u 2025 06403	(72) Винахідник(и): Самохвал Володимир Михайлович (UA), Максименко Олег Павлович (UA), Нікулін Олександр Вікторович (UA), Васильєв Олександр Сергійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.12.2025	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 16.07.2026	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 15.07.2026, Бюл.№ 28	(73) Володілець (володільці): ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Дніпробудівська, 2, м. Кам'янське, Дніпропетровська обл., 51918 (UA)

(54) СПОСІБ ПРОКАТУВАННЯ ПРУТІВ ТА СТРИЖНІВ**(57) Реферат:**

Спосіб прокатування прутів та стрижнів включає неперервне прокатування в калібрах послідовно розташованих робочих клітей, з чергуванням горизонтального та вертикального розміщення валків, розділенням клітей на підгрупи, в межах яких номінальні діаметри валків однакові. По ходу прокатування діаметри валків підгруп зменшують відповідно до зменшення товщини розкату. При цьому прокатування здійснюють у підгрупах з кількістю клітей не більше чотирьох, в першій кліті кожної наступної підгрупи здійснюють прокатування розкату рівновісного перерізу, а діаметри валків по підгрупам визначають за середньо-арифметичним значенням розрахункових діаметрів, які розраховують, використовуючи залежність $D_i = 125 \cdot \exp[0,165 \cdot \ln(A_i)]$,

де i - номер кліті стану по ходу прокатування;

A_i - площа поперечного перерізу розкату в i -й кліті.

**Фіг. 1****UA 163658 U**

UA 163658 U

Корисна модель належить до галузі прокатного виробництва, зокрема до способів прокатування профілів простої форми у вигляді прутів або стрижнів.

Відомий спосіб прокатування сталевих прутів і стрижнів та прокатне обладнання, що використовується для цього, згідно з патентом Японії [Rolling method for steel bar and wire rod and rolling equipment used therefor. Japan patent 3321353B2. IPC: B21B 1/16; B21B 1/18; B21B 13/12; B21B 35/12; B21B 37/00. Appl. No.: JP01721096A (1996-01-06). Publication of JPH09192703A (1997-07-29). Date of patent: 2002-09-03].

За цим способом заготовка послідовно прокатується зі зменшенням площі в прокатному стані, в якому двовалкові кліті послідовно розташовані в кількох групах з фазою 90°, тобто з чергуванням горизонтального та вертикального розташування валків, а чистове прокатування готового профілю здійснюється двома чотири-валковими клітьми. Чистові чотири-валкові кліті застосовують для всієї номенклатури готового прокату, тому спосіб передбачає встановлення цих клітей на різних позиціях по лінії стану.

До недоліків способу прокатування сталевих прутів і стрижнів належить невизначеність розмірних параметрів валків, особливо з врахуванням розміщення чистових чотиривалкових клітей в різних позиціях стану. Адже зменшення діаметрів валків по мірі зменшення площі перерізу розкатів по ходу прокатування наявне для всіх пруткових і стрижневих станів, але в способі, що розглядається, числові значення щодо діаметрів валків та кількості клітей у підгрупах не наводяться. Тому виникає невідповідність діаметрів звичайних двовалкових клітей та чистових чотиривалкових, особливо для круглих профілів більшого діаметра.

Найближчим аналогом є спосіб неперервного прокатування за патентом США [Continuous rolling method and continuous rolling mill. United States Patent № 4669293. IPC: B21B 13/12; B21B 37/02. Appl. No.: 771,891. Filled 03.09.1985. Date of patent: 01.07.1987].

За цим способом для неперервного прокатування бляхи або заготовки переважно квадратного перерізу в продукцію, що має переважно квадратний переріз, в неперервному прокатному стані, що складається з $(2n+1)$ клітей, які встановлено з чергуванням горизонтального та вертикального розташування валків таким чином, що кліті з привідними горизонтальними валками мають непарні номери, а кліті з вертикальними непривідними валками мають парні номери, товщину розкату по клітям та відстані між клітьми визначають залежно від діаметра валків.

Так як в ході прокатування розміри розкату та площа його поперечного перерізу зменшуються, діаметри валків також пропорційно зменшуються. В наведеному в описі патенту прикладі для семиклітьової неперервної групи використано валки таких діаметрів: кліті 1 та 2 - діаметр валків 500 мм; кліті 3 та 4 - 450 мм; кліті 5, 6 та 7 - 400 мм. Отже, для дотримання визначеного способом прокатування співвідношення товщини розкату та діаметрів валків, всі кліті стану розділено на підгрупи, в межах яких діаметри валків однакові, а по ходу прокатування діаметри валків підгруп зменшуються.

До недоліків найближчого аналога належить:

- збільшення кількості клітей, порівняно з звичайними прутковими та стрижневими станами, через запровадження вертикальних клітей з непривідними валками;

- збільшення числа типорозмірів валків, зокрема лише в чорновій групі використано три типорозміри валків;

- занадто широкі межі зміни встановленого відношення товщини розкату до діаметра валків, що не дозволяє визначити критерій переходу до валків меншого діаметра по мірі зменшення товщини розкату;

- через наявність клітей з непривідними валками порушується послідовність прокатування, коли в непарних клітях з горизонтальними валками прокатують розкат нерівновісного перерізу, а в клітях з вертикальними валками, завдяки зміні напрямку обтиснення, знову отримують розкат рівновісного перерізу, але, відповідно, менших розмірів).

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу прокатування прутів та стрижнів шляхом забезпечення рівномірного зменшення діаметрів валків по підгрупах клітей стану, відповідно до умов прокатування, що забезпечує зменшення енерговитрат по стану, збільшення зносостійкості валків та зменшення витрат на валки.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі прокатування прутів та стрижнів, який включає неперервне прокатування в калібрах послідовно розташованих робочих клітей, з чергуванням горизонтального та вертикального розміщення валків, розділенням клітей на підгрупи, в межах яких номінальні діаметри валків однакові, а по ходу прокатування діаметри валків підгруп зменшують відповідно до зменшення товщини розкату, згідно з корисною моделлю, прокатування здійснюють у підгрупах з кількістю клітей не більше чотирьох, в першій кліті кожної наступної підгрупи здійснюють прокатування розкату рівновісного перерізу, а

діаметри валків по підгрупах визначають за середньо-арифметичним значенням розрахункових діаметрів, які розраховують, використовуючи залежність $D_i = 125 \cdot \exp[0,165 \cdot \ln(A_i)]$

де i - номер кліти стану по ходу прокатування;

A_i - площа поперечного перерізу розкату в i -й кліті.

5 Встановлення кількості клітей по підгрупах не більше чотирьох, забезпечує створення однакових, або досить близьких умов прокатування у кожній з підгруп клітей. Завдяки саме зазначеній кількості клітей у підгрупах забезпечуються мінімальні відхилення діаметрів валків від оптимальних, відносно умов прокатування, та рівномірне зменшення діаметрів валків по підгрупах клітей для всього стану. Адже неможливо використовувати один типорозмір валків
10 для всіх клітей стану, так само як і призначати діаметри окремо для кожної кліти стану. В ході прокатування, для виготовлення профілів заданих розмірів, відбувається поступове зменшення розмірів та площі поперечного перерізу розкатів, починаючи з площі перерізу вихідної заготовки. Пропорційно зменшенню площі перерізу розкатів по ходу прокатування, відповідно до зміни умов прокатування, зменшуються і діаметри валків. Якщо діаметр валків перевищує
15 оптимальний, це призводить до невиправданого збільшення сили прокатування та витрат енергії на прокатування. Якщо ж діаметр валків менше оптимального, погіршуються умови захвату металу валками, збільшується їх зношення та витрата валків. Тому, забезпечуючи мінімальні відхилення діаметрів валків від оптимальних значень по підгрупах клітей, досягають зменшення сили прокатування по окремим клітям та зменшення енерговитрат на прокатування
20 в цілому по стану, а також зменшення зношення валків та витрат на валки.

Здійснення прокатування в першій кліті кожної наступної підгрупи рівновісного перерізу забезпечує зменшення сили прокатування та витрат енергії по стану. Це пов'язано з тим, що сила прокатування та інші енергосилові параметри для клітей з рівновісними перерізами розкату (круг, квадрат) завжди менше ніж для клітей з нерівновісними перерізами (овал, ромб).
25 Тому, перехід до наступної підгрупи клітей з валками меншого діаметру, ніж в останній кліті попередньої підгрупи, доцільно здійснювати саме при прокатуванні рівновісного перерізу. Адже в останній кліті попередньої підгрупи здійснюється прокатування нерівновісного перерізу, тобто сила прокатування значно більша і використання валків зменшеного діаметра є неприйнятним за умовами міцності та зносостійкості валків. З іншого боку, збереження діаметра валків для
30 кліті з рівновісним перерізом, призводить до невиправданого збільшення сили прокатування в такій кліті, через збільшення довжини осередку деформації, розширення та площі контактування валків з розкатом. Це також призводить до необхідності здійснювати перехід до наступної підгрупи в кліті з нерівновісним перерізом, де сила прокатування за технологічними умовами збільшується, і зменшення діаметра валків, як було показано вище, погіршує умови
35 міцності таких валків і призводить до збільшення інтенсивності їх зношення.

Визначення діаметра валків по підгрупах, яке є середньо-арифметичним значенням розрахункових діаметрів, забезпечує створення мінімальних відмінностей діаметрів валків від оптимальних, для умов прокатування по клітям однієї підгрупи, та рівномірне зменшення діаметрів валків по підгрупах для всього стану. Розрахункові діаметри відповідають
40 оптимальним значенням для умов прокатування у кожній з клітей стану, зокрема за співвідношеннями діаметра валка та площі поперечного перерізу розкату. Але через те, що неможливо призначати діаметри для кожної з клітей стану окремо, визначення діаметрів валків для клітей підгрупи за середньо-арифметичним значенням розрахункових діаметрів забезпечує мінімальні відхилення від оптимальних значень діаметрів за умовами прокатування.

45 В сукупності, технічні властивості, обумовлені визначенням кількості клітей у підгрупі, умовою щоб наступна підгрупа починалась з кліті з парним номером, де здійснюється прокатування рівновісного перерізу, та визначенням діаметра валків по підгрупах як середньо-арифметичного значення розрахункових діаметрів, дозволяє забезпечити оптимальну відповідність діаметрів валків робочих клітей умовам прокатування по стану в цілому. Така відповідність призводить до збільшення витяжної здатності клітей стану, зменшенню сили
50 прокатування, витрат енергії, зношення валків та витрат на валки.

Збільшення витяжної здатності клітей стану досягається за рахунок виключення використання валків, діаметр яких перевищує оптимальний. Якщо діаметр валків перевищує оптимальне значення, то в осередку деформації такої кліті зростає розширення (поперечна
55 деформація) та пропорційно зменшується видовження. Відповідно, потрібна додаткова робота, щоб компенсувати збільшене розширення і досягти потрібного видовження. Забезпечення оптимальної відповідності діаметрів валків площі перерізу дозволяє уникнути таких явищ і там самим збільшити витяжну здатність.

Зменшення сили прокатування по окремим клітям також досягається за рахунок
60 оптимальної відповідності діаметрів валків площі перерізу. Перевищення діаметра валків понад

технологічно обумовлений, відповідно до площі перерізу, призводить до невідповідного збільшення сили прокатування. Пропоновані технічні рішення забезпечують максимально наближені умови прокатування в межах підгрупи клітей, тим самим виключають значну невідповідність діаметрів і виникнення технологічно необумовленого збільшення сили прокатування. При цьому, так як діаметри валків призначають за усередненою величиною, то порівняно невелике відхилення значень діаметрів від оптимальних можливе лише для окремих клітей, а для всіх інших клітей підгрупи, завдяки забезпеченню відповідності діаметрів валків розмірам та площі розкату, маємо відповідне зменшення сили прокатування.

Зменшення сили прокатування призводить до пропорційного зменшення моменту та потужності прокатування, тобто до зменшення витрат електроенергії на привод валків.

У свою чергу, забезпечення технологічно обумовлених сили та моментів прокатування по клітям стану, призводить до оптимізації зносостійкості валків. Така властивість досягається за рахунок того, що завдяки відповідності діаметрів валків площі перерізу розкату, сила прокатування є технологічно обумовленою, відповідно і зносостійкість валків має оптимальні значення. Адже у випадках, коли діаметр валка перевищує оптимальне значення, зростає сила прокатування, що призводить до не виправданого збільшення зношення. А у випадках, коли діаметр валка менше оптимального, сила прокатування дещо зменшується, але зношення зростає через зменшення периметру валків та збільшення кількості контактування валків з розкатом. Таким чином, забезпечення оптимального зношення валків призводить до зменшення витрат валків (оптимальна зносостійкість), тобто зменшення числа перевалок і кількості валків для виконання виробничої програми. Відповідно, зменшуються витрати на придбання нових комплектів валків та зменшуються витрати, пов'язані з переточуванням валків та перевалками.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням та графічною залежністю, де зображено: на фіг. 1 - схема розташування клітей прокатного стану для реалізації пропонованого способу прокатування прутів та стрижнів; на фіг. 2 - розподіл діаметрів валків по підгрупах клітей стану.

Показаний на фіг. 1 стан, який може бути використаний для здійснення пропонованого способу прокатування прутів та стрижнів, має у складі таке основне обладнання: 1 - нагрівальна піч; 2 - чорнова група з шести клітей з чергуванням горизонтальних та вертикальних клітей; 3 - обрізні ножиці; 4 - проміжна група з шести клітей; 5 - обрізні ножиці; 6 - чистова група з шести клітей, між якими розміщено пристрої для регулювання натягнення розкату в міжвалкових проміжках; 7 - камери для охолодження розкату водою; 8 - дротовий блок 1; 9 - дротовий блок 2; 10 - ділильні ножиці пруткової лінії; 11 - холодильник для охолодження розкатів у прямолинійних прутах.

Згідно з пропонованим способом прокатування всі кліті стану розділено на підгрупи за діаметрами валків. Підгрупа 1, яка на фіг. 1 позначена номером 12, складається з перших трьох клітей з валками діаметром 600 мм. Номером 13 позначено підгрупу клітей 2, яка складається з чотирьох клітей з валками діаметром 520 мм. Аналогічно, на фіг. 1 показано: 14 - підгрупа 3 з чотирьох клітей 450; 15 - підгрупа 4 з чотирьох клітей 380; 16 - підгрупа 5 з трьох клітей 320; 17 - підгрупа 6 з трьох модулів блока з валками діаметром 280 мм; 18 - підгрупа 7 з чотирьох модулів з валками 250 мм; 19 - підгрупа 8 з трьох модулів з валками 210 мм. Чистова, проміжна та чистова групи клітей разом утворюють пруткову лінію. Після прокатування на прутковій лінії, розкати можуть спрямовуватись або через ділильні ножиці 10 на холодильник 11, або відводиться з основної лінії прокатування на дротові блоки 8 та 9, які забезпечують прокатування стрижнів. Після прокатування у блоках 8 та 9, стрижні піддають охолодженню в кількох секціях 7, формують у витки, які викладають на транспортер для охолодження повітрям. Після цього витки стрижнів збирають у мотки.

На фіг. 2 показано розподіл діаметрів валків по підгрупах та групам клітей стану, які відповідають зміні площі перерізу розкату в процесі прокатування. Пруткова лінія з 18 робочих клітей розділена на п'ять підгруп, в яких кількість клітей з однаковим діаметром, становить: 3 - 4 - 4 - 4 - 3. Як видно з фігури, значення діаметрів по підгрупах становить, відповідно, 600; 520; 450; 380 та 320 мм. Для стрижневих блоків 1 та 2 розподіл на підгрупи за кількістю модулів становить: 3 - 4 - 3. Діаметри валків по цим підгрупам модулів становлять: 280; 250 та 210 мм.

Приклад реалізації пропонованого способу прокатування прутів та стрижнів.

Для прокатування стрижнів діаметром 5,5 мм з квадратної заготовки з стороною 160 мм використовуємо типовий прокатний стан, що складається з пруткової лінії з 18 робочих клітей, та стрижневої лінії, представленої двома компактними блоками з шести (блок-1) та чотирьох (блок-2) модулів консольних клітей.

Згідно з ознаками корисної моделі: "прокатування здійснюють у підгрупах з кількістю клітей не більше чотирьох" та "в першій кліті кожної наступної підгрупи здійснюють прокатування розкату рівновісного перерізу", можливе розділення клітей пруткової лінії на підгрупи за схемою

3 - 4 - 4 - 4 - 3. За такого розділення кожна наступна підгрупа клітей починається з кліті з парним номером, тобто в цій кліті здійснюється прокатування рівновісного круглого перерізу. Такими клітями є № 4; № 8; № 12; та № 16 (фіг. 2). Аналогічно, для стрижневої лінії застосовуємо розподіл 3 - 4 - 3, коли кожна наступна підгрупа стрижневої лінії починається з клітей (модулів) з номерами 22, 26.

Для визначення діаметрів валків по виділених підгрупах клітей призначаємо коефіцієнти видовження по клітям стану, розраховуємо площу перерізу розкату в кожній з клітей та визначаємо логарифм цієї площі. Результати розрахунків для прикладу, що розглядається, наведено в таблиці 1. Далі, використовуючи залежність A_i , обчислюємо розрахункові діаметри валків D_i для кожної з клітей стану, а після усереднення цих значень по п'яти підгрупах пруткової лінії та трьох підгруп стрижневої лінії, отримуємо середні значення діаметрів D_m для підгруп. За цими значеннями вибираємо робочі кліті, номінальні діаметри яких у найбільшій мірі відповідають розрахованим середнім значенням діаметрів по підгрупах. Остаточні прийняті діаметри валків D по підгрупах клітей показано в таблиці 1. Всі наведені значення діаметрів валків клітей знаходять застосування на існуючих прокатних станах, але у інших співвідношеннях як діаметрів, так і кількості клітей по підгрупах.

Для підтвердження ефективності запропонованої корисної моделі, порівнюємо силу прокатування в кліті № 4 за умов застосування призначеного діаметра 520 мм та при збереженні діаметра з попередньої підгрупи, тобто 600 мм. Для наведених у таблиці 1 площі перерізів розкатів, у кліті № 4, здійснюємо прокатування круглого розкату діаметром 99,5 мм з підкату з розмірами 80×145 мм. Якщо не враховувати збільшення сили прокатування від більшого розширення за умов застосування валків діаметром 600 мм, то за однакових інших параметрів прокатування сила збільшиться через збільшення довжини осередку деформації та коефіцієнта напруженого стану, як це показано в таблиці 2.

Таблиця 1

Розрахункові та призначені діаметри валків по підгрупах клітей стану

N	Коеф. видовж. λ_m	Площа перерізу A_i	Логарифм площі $\ln(A_i)$	Розрахунковий діаметр D_i	Середній діаметр D_m	Призначений діаметр валків D
0		25570				
1	1,32	19371	9,87	637	609	600
2	1,32	14675	9,59	609		
3	1,32	11118	9,32	581		
4	1,32	8422,4	9,04	555		
5	1,32	6380,6	8,76	531	520	520
6	1,32	4833,8	8,48	507		
7	1,3	3718,3	8,22	485		
8	1,3	2860,2	7,96	465		
9	1,3	2200,2	7,70	445	436	450
10	1,3	1692,4	7,43	426		
11	1,3	1301,9	7,17	408		
12	1,3	1001,4	6,91	391		
13	1,28	782,38	6,66	375	368	380
14	1,28	611,23	6,42	360		
15	1,28	477,53	6,17	346		
16	1,28	373,07	5,92	332		
17	1,28	291,46	5,67	319	319	320
18	1,28	227,7	5,43	306		

Таблиця 1

Розрахункові та призначені діаметри валків по підгрупах клітей стану

N	Коеф. видовж. λ_m	Площа перерізу A_i	Логарифм площі $\ln(A_i)$	Розрахунковий діаметр D_i	Середній діаметр D_m	Призначений діаметр валків D
19	1,25	182,2	5,21	295	285	280
20	1,25	145,7	4,98	284		
21	1,25	116,6	4,76	274		
22	1,25	93,3	4,54	264	250	250
23	1,25	74,6	4,31	255		
24	1,25	59,7	4,09	245		
25	1,25	47,8	3,87	237		
26	1,25	38,2	3,64	228	220	210
27	1,25	30,6	3,42	220		
28	1,25	24,4	3,19	212		

Таблиця 2

Порівняння параметрів прокатування для різних діаметрів валків

Параметр	Значення параметру для валків діаметром	
	520	600
Коефіцієнт тертя	0,43	0,43
Обтиснення, мм	45,5	45,5
Середня товщина розкату, h_m , мм	122,2	122,2
Опір метала деформуванню, МПа	70	70
Довжина осередку L_c , мм	108,8	116,8
Коефіцієнт напруженого стану в осередку σ	1,086	1,102
Сила прокатування, кН	742	809

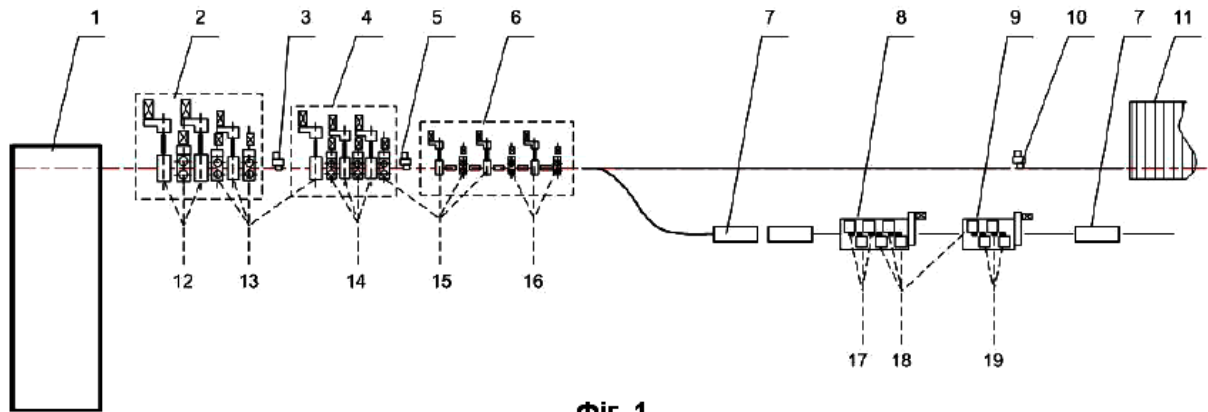
Отже, за однакових умов прокатування (обтиснення, опір деформуванню) сила прокатування в кліті № 4 для валків діаметром 600 мм перевищує цей же параметр для валків 520 мм у 1,09 рази або приблизно на 9 %. Пропорційно силі прокатування, за умови використання в кліті № 4 валків діаметром 520 мм, замість валків діаметром 600 мм, забезпечується зменшення моменту прокатування та витрат енергії двигуна головного привода, що підтверджує ефективність запропонованої корисної моделі.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб прокатування прутів та стрижнів, який включає неперервне прокатування в калібрах послідовно розташованих робочих клітей, з чергуванням горизонтального та вертикального розміщення валків, розділенням клітей на підгрупи, в межах яких номінальні діаметри валків однакові, а по ходу прокатування діаметри валків підгруп зменшують відповідно до зменшення товщини розкату, який **відрізняється** тим, що прокатування здійснюють у підгрупах з кількістю клітей не більше чотирьох, в першій кліті кожної наступної підгрупи здійснюють прокатування розкату рівновісного перерізу, а діаметри валків по підгрупах визначають за середньо-арифметичним значенням розрахункових діаметрів, які розраховують, використовуючи залежність $D_i = 125 \cdot \exp[0,165 \cdot \ln(A_i)]$,

де i - номер кліті стану по ходу прокатування;

A_i - площа поперечного перерізу розкату в i -й кліті.



Фіг. 1



Фіг. 2