

В. Д. Добряк¹, к.т.н., провідний інженер

Д. Ю. Угрюмов², технічний директор

Ю. М. Николаєнко³, ст. викладач, ORCID 0000-0002-1559-9584

І. А. Соловійова³, к.т.н., доцент, ORCID 0000-0003-1569-567X

¹ ДП "Український інститут по проектуванню металургійних заводів"

² ТОВ "Інженерне Бюро Франке Інтернешенал"

³ Український державний університет науки і технологій

СТАН І РОЗВИТОК СПОСОБІВ РОЗПОДІЛУ ГАРЯЧОГО МЕТАЛУ НА МІРНІ ДОВЖИНИ

Анотація. Метою роботи є аналіз способів поділу гарячого металу на мірні довжини з точки зору забезпечення ними необхідної якості одержуваних кінців після поділу, а також високої продуктивності. Це особливо важливо для підготовки гарячого металу для наступних переділів, в тому числі на прокатних і трубопрокатних агрегатах, де висока якість кінців заготовок забезпечує зниження кінцевої обрізі і видаткових коефіцієнтів металу, а на трубопрокатних агрегатах також поліпшення якості гільз і труб. В роботі досліджені відомі літературні та патентні джерела в області поділу гарячого металу на мірні довжини, як при безперервній розливці сталі, так і при наступних переділах. В результаті аналізу встановлено, на практиці способи поділу гарячого металу, що широко застосовуються, не можуть забезпечити високу якість кінців труб після поділу, що збільшує втрати металу на наступних переділах. Найбільш перспективними для поділу гарячого металу на мірні довжини в прокатному і трубопрокатному виробництві є горячеабразивне різання й різання роторними пилами, які набувають все більшого поширення на виробництві. Практичне значення результатів наведених у цій роботі є пропозиції по використанню прогресивних способів поділу гарячого металу як з точки зору високої продуктивності, так і, перш за все необхідної якості одержуваних кінців після поділу для наступних переділів. Розглянуто напрямки розвитку для аналізованих способів поділу гарячого металу. Запропонований безвідходний двостадійний спосіб поділу круглих гарячих заготовок на мірні частини, який забезпечує покращення якості торців для подальшої прокатки труб.

Ключові слова: поділ металу, якість кінців, утяжка металу, різання на ножицях, абразивне різання, різання роторними пилами, імпульсивне різання, продуктивність.

Посилання для цитування: Стан і розвиток способів розподілу гарячого металу на мірні довжини / В. Д. Добряк, Д. Ю. Угрюмов, Ю. М. Николаєнко, І. А. Соловійова // *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2023. Вип. 37. С. 324-339. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-324-339>

Вступ. У металургійному виробництві для розподілу вихідних заготовок на мірні довжини, а також довгомірного прокату і труб, та обрізки їх кінців застосовують різні способи. У трубопрокатному виробництві спотворення форми торцевої поверхні заготовки викликає овалізацію і різностінність труб, що прокатуються, а відхилення від перпендикулярності торцевої поверхні до осі заготовки обумовлює спотворення форми центрального отвору на торці заготовки, що, в свою чергу викликає зміщення оправки відносно осі заготовки і підвищену кінцеву різностінність гільз і труб.

В даний час в масовому металургійному виробництві сталей і сплавів розподіл гарячих штанг на мірні заготовки проводиться на ножицях, пилах і машинах газового різання. У всіх випадках вимоги до якості різання зводяться до того, щоб форма торців заготовок, що розділяються, мала мінімальні спотворення по відношенню до форми основного перетину. А в окремих випадках пред'являються вимоги до торцевої поверхні по перпендикулярності до осі і площинності.

Питання поділу гарячого металу на прокатних станах були вивчені в 1965-1970 роках в Інституті чорної металургії (ІЧМ, м. Дніпропетровськ) аспірантами Добряком В. Д. та Тубольцевим Л. Г. під науковим керівництвом академіка АН УРСР Чекмарьова О. П. зв'язку з розробкою інститутом технології нескінченної прокатки на дрібносортих та дровових станах, які у 1971 році захистили кандидатські дисертації.

Мета роботи: аналіз способів поділу гарячого металу на мірні довжини з точки зору забезпечення ними необхідної якості одержуваних кінців після поділу, а також високої продуктивності.

Основний матеріал.

Різання зрушенням на ножицях. Це найбільш поширений спосіб розподілу гарячих штанг в металургійному виробництві. Так, на обтискних прокатних станах (блюмінгах і слябінгах) різання гарячих блюмів і слябів проводиться на стаціонарних ножицях з паралельними ножами, яку за класифікацією С. С. Соловцова [1] слід віднести до неповного відкритого різання. При неповному відкритому різанні поворот штанги обмежений поперечним затискачем в області нерухомого ножа, а відокремлена частина має можливість повертатися. Така схема різання супроводжується значними спотвореннями форми кінця відрізуваної заготовки – утяжкою вільної поверхні, розширенням металу поблизу площини різання, вм'ятиною ножа в метал, косиною (неперпендикулярністю) різі, нерівностями торцевої поверхні (рис. 1).

Утяжка характеризується висотою K і довжиною ℓ (див. рис. 1).

В роботі [2] зроблена спроба пояснити механізм утворення утяжки відмінністю швидкісного стану точок на лініях ковзання в осередку

деформації. Автори припустили, що при вільному різанні фактичний (реальний) кут повороту кінців заготовки, тобто кут повороту їх осей по обидва боки від площини різку, відрізняється від їх теоретичного кута повороту на величину кута, утвореного дотичною до викривленої вільної границі в точці контакту з задньою гранню ножа і не викривленою лінією цієї границі. А теоретичний кут повороту може бути отриманий шляхом вирішення рівняння рівноваги моментів сил, що діють на передній і задній гранях ножа за умови відсутності утяжки. Експерименти показали, що теоретичний кут повороту однозначно пов'язаний з розмірами утяжки. Тому цей кут можна застосовувати в якості оціночного показника розвитку утяжки. Різні параметри різання за своїм впливом на теоретичний кут повороту заготовки при вільному різанні можуть розглядатися як ті, що сприяють підвищенню утяжки, якщо вони збільшують цей кут, або перешкоджають росту утяжки, якщо вони зменшують його.

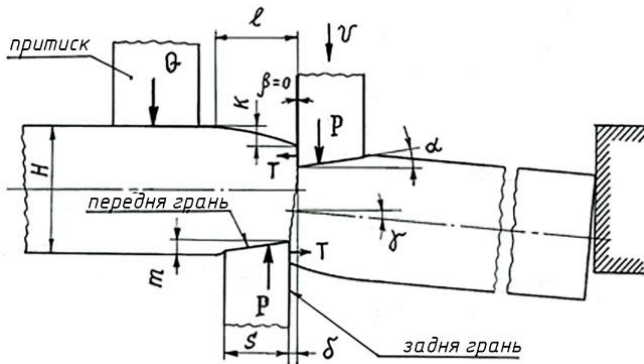


Рисунок 1 – Схема неповного відкритого різання на ножицях.

Так, збільшення бічного зазору δ (див. рис. 1) між ножами викликає зростання теоретичного кута повороту заготовки за рахунок збільшення моменту вертикальних сил різання, а отже, і зростання утяжки. Збільшення переднього кута α (див. рис. 1) заточки ножів викликає зміщення точки прикладання вертикальної складової сили різання до вершини ножа і тим самим зменшення моменту вертикальних сил, що, в свою чергу, призводить до зменшення кута повороту і відповідно величини утяжки. Збільшення заднього кута β (на рис. 1 $\beta = 0$) заточки ножів зменшує момент горизонтальних сил, як наслідок, знижується момент вертикальних сил, що зменшує теоретичний кут повороту і розміри утяжки.

Вплив коефіцієнта тертя на передній грані ножа проявляється через вертикальну складову сили різання. Більшому коефіцієнту відповідає і

велика сила нормального тиску на передній грані, а значить, і більший момент вертикальних сил, що призводить до зростання теоретичного кута повороту і утяжки. На задній грані ножа вплив тертя протилежне, а саме: чим більше коефіцієнт тертя, тим більше нормальне напруження і момент сил цих напружень, що перешкоджає зростанню теоретичного кута повороту і утяжки.

Висота m (рис. 1) вм'ятини ножа в метал залежить, головним чином, від величини переднього кута α заточування ножа, а також від товщини ножа S . Зазвичай товщину ножа приймають рівною половині висоти перетину заготовки, тобто $S \approx 0,5H$, а передній кут α заточування ножа на практиці буває від 0° до 10° . Якщо поставлена задача зменшення вм'ятини ножа в метал, то кут α приймають рівним нулю, але краще приймати $\alpha = 2^\circ$, так як при $\alpha = 0^\circ$ збільшується утяжка.

Косина різу або кут відхилення торцевої «площини» від перпендикулярності до осі заготовки набуває особливої значущості, якщо заготовки призначені для стикового зварювання на сортових станах безкінечної прокатки. При розбіжності торців зварюваних заготовок як по контуру, так і по паралельності в місці зварного з'єднання утворюються непровари, козирки, які неможливо видалити гратознімачем. При подальшій прокатці в цьому місці утворюються плями і закати. Якщо ж стикування зварювальних заготовок відбувається не по всій поверхні стику через нерівності, а по окремим плям, то доводиться збільшувати величину оплавлення і подальшої осадки, що пов'язано з втратами металу і часу.

На торцях поділюваних заготовок, як при гарячому, так і при холодному різанні на ножицях, завжди є дві зони: одна – гладка за рахунок тертя (ковзання) металу по задній грані ножа, інша – нерівна з уступами і борознами. Щоб друга зона була якомога рівнішою і гладкою, рекомендується мінімізувати бічний зазор між ножами і створити напруження всебічного стиснення в області різу. Тоді лінія розподілу буде близька до уявної лінії, що з'єднує вершини ножів. Таку роль може виконати прижим, що лежить по одну сторону від площини різу з нерухомим ножем. Прижим зменшує довжину і висоту утяжки, приблизно на 25-30%, якщо він створює тиск на поверхню заготовки, дорівнює $(0,7 \div 0,9)K$, де K – міцність металу заготовки на зріз. ЕНІКМАШ рекомендує силу притиску заготовки приймати рівній силі різу [3]. При різанні заготовок на летючих ножицях стискаючі напруження можуть бути створені за рахунок оснащення ножів штампуєчими виступами [4].

На рис. 2а і 2б показана схема процесу різання прокату круглого

перетину профільними ножами зі штампуєчими виступами в момент поділу частин заготовки. До цього моменту відбувається не тільки зсув частин на критичну величину, при якій випереджаючі тріщини від верхнього і нижнього ножів зустрічаються і роз'єднують заготовку на дві частини, а й закінчилося обтиснення кінців між штампуєчими виступами і протилежними їм ножами. По бічним сторонам облой, що утворився, не виходить за контури перетину заготовки і не представляє перешкоди для захоплення заготовки в чорновій клітці сортового прокатного стану. Зате кінцева форма кінця сприятлива для надійного захоплення заготовки.

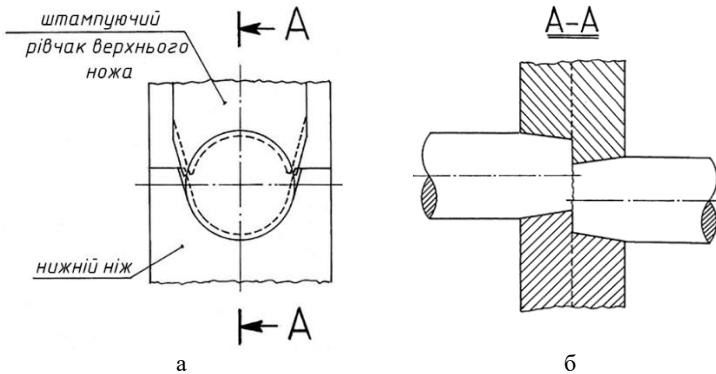


Рисунок 2 – Схема різання профільними ножами зі штампом виступами (а), розріз по А-А (б).

Запропонований спосіб розподілу гарячого прокату за допомогою ножиць з паралельними ножами [5], при якому рухливий ніж впроваджується в заготовку, затиснуту притиском, на глибину h , величина якої визначається за виразом

$$h = (A - B\tau)H,$$

де постійні коефіцієнти мають значення $A = 0,956 \dots 0,968$; $B = 0,0061 \dots 0,0069$ (МПА-1); τ – питомий опір зрізу, (МПА); H – висота перетину заготовки. Метою даного способу служить недопущення утворення задирки в зазорі між ножами. Але при цьому не виключається утворення утяжки на частині заготовки, що відділяється. Відомо, що утяжка розвивається на стадії росту сили різку, тому вона може з'явитися в даному способі поділу на затиснутій частині заготовки, якщо зазор між притиском і рухомих ножом буде більше, ніж зазор між ножами, і якщо сила притиску невелика (див. вище).

На машинах безперервного лиття заготовок (МБЛЗ) крім

газоксигового і імпульсного різання застосовуються ножиці з гідравлічним приводом [6-8]. Застосовуються ножі з виступами у ріжучої кромки (рис. 3), які забезпечують не тільки зниження сили різі, а й поліпшення якості різі: утяжка зменшується по довжині на 70%, а по висоті – на 50% [7]. Але при цьому має місце вм'ятини від виступів ножів. Ножиці під час різі гойдаються, слідуючи за рухомою заготовкою. Механізм гойдання може бути виконаний або на опорах, або на підвісках. Ножиці бувають з нижнім і з верхнім різом. В обох випадках присутній притиск основної заготовки. На відміну від газоксигового різання, ножиці дають безвідхідне різання заготовок в широкому діапазоні довжин різання. Вони безшумні, різуть будь-які марки сталей, але погано вписуються (вбудовуються) в багаторівчаккові машини безперервного лиття через підвищені габарити.

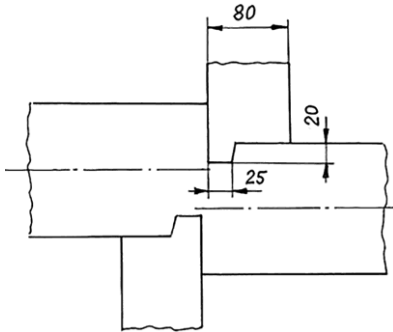


Рисунок 3 – Ножі з виступами для імпульсної різання.

Для різання сортових заготовок на МБЛЗ застосовуються рухливі імпульсні машини. Принцип їх дії полягає в двосторонньому ударі по заготовці ножами, що рухаються назустріч один одному під дією вибуху газу в камері згорання. Розробка і впровадження в металургійне виробництво імпульсних машин протягом багатьох років здійснювалася Харківським авіаційним інститутом [9, 10]. Зазвичай в одному корпусі машини суміщені камера згорання і робочий циліндр, в якому знаходиться шток-поршень, що несе один з ножів. Корпус з'єднаний колонами з шаботом, в якому закріплений другий ніж. Ножі розташовуються по різні боки від розрізаючої штанги. Вся машина за допомогою шабота спирається на пневмоамортизатор. В результаті вибуху газу шабот і шток-поршень рухаються назустріч один одному, в результаті чого ножі поділяють заготовку на дві частини. Зазвичай ножі мають клиноподібну форму [11-15]. Для зменшення пухкості і виривів на торцях поділюваних заготовок запропоновано один з ножів робити з заокругленим торцем [16], (рис. 4). На всіх машинах імпульсного різання торці розділених заготовок мають загальний недолік: вони

представляють собою нахилені під гострим кутом до осі заготовки поверхні, що примикають до виступаючої перемички (рис. 5).

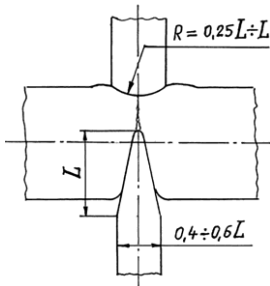


Рисунок 4 – Ножі різної конфігурації для імпульсного різання.

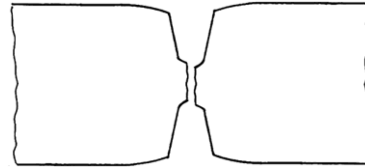


Рисунок 5 – Профіль торця заготовки після імпульсного різання.

Для трубних заготовок такі торці непридатні, тому що не забезпечують отримання правильного зацентровочного отвору. Для станів нескінченної прокати такі торці вимагають підвищеного оплавлення і осідання зварюваних заготовок.

Гаряче абразивне різання.

З середини XX століття гаряче абразивне різання починає все ширше і ефективніше застосовуватися в прокатних цехах металургійних заводів [17-19]. З боку автомобільної промисловості підвищується попит на прокатні заготовки категорії SBQ (Special Bar Quality) з високою якістю кінців порізаного сортового прокату. Абразивна різка повністю задовольняє цим вимогам. Абразивно-відрізні верстати встановлюють в лініях дрібносортих, середньосортих, безперервно-заготовочних станів і в ковальських цехах [18]. З точки зору якості різання абразивний спосіб є найкращим в порівнянні з різкою на ножицях, пилах і газовим різанням.

Суть методу абразивного різання полягає в тому, що відрізний диск, виготовлений на основі склотканини і зерен електрокорунду, обертається з окружною швидкістю 70-100 м/с і в процесі сухого різання самозагострюється, завдяки чому забезпечується висока якість різку протягом всього терміну служби диска. Залежно від призначення абразивно-відрізні верстати розмірного ряду, наприклад, фірми Braun (ФРН) оснащуються відрізними дисками з діаметрами від 500 до 1800 мм і з товщиною від 5 до 18 мм. Найбільшими дисками ріжуть заготовки круглого і квадратного перетину розміром до 400 мм. При цьому температура металу, що розрізає може перебувати в межах від 400°C до 1100°C. При абразивній різці утворюються невеликі задирки, які не представляють перешкоди для подальшого переділу заготовок.

Різка пилами. Різка гарячого металу пилами знайшла широке застосування в сортопрокатних і трубопрокатних цехах [20]. Різка пилами забезпечує незмінну геометрію торців заготовок і практично нульове відхилення від перпендикулярності торцевої площини до осі заготовки. Традиційні пилки (салазкові, важільні, маятникові) оснащуються дисками діаметром від 500 до 2000 мм з товщиною від 4 до 12 мм. Окружна швидкість зубів на таких пилах становить 110-150 м/с. Цими пилами ріжуть сортовий прокат і труби перетином до 200 мм. Час циклу різу в 5-6 разів перевищує час циклу різу на ножицях. Недоліками традиційних пил є сильний шум і феєрверк розпечених стружок, що розлітається. Крім того, утворюються при різанні задирки розміром до 12-15 мм вимагають додаткової обробки для їх видалення.

В кінці ХХ століття для різання гарячих великих заготовок в металургії набули поширення роторні пили (пилки ударної дії), розроблені у ВНИИМЕТМАШ [21, 22]. В останні роки розвитком цих пил займається ЗАТ «ІНКОММЕТ». У роторних пилах застосований принцип переміщення пильного диска по круговій траєкторії. Це дає перевагу в тому, що кожен зуб знімає товщину шару металу 0,5-1,0 мм замість 0,05-0,1 мм звичайними пилами. При однаковій окружній швидкості зубів відбувається збільшення продуктивності в десятки разів. Наприклад, штанга квадратного перетину 340×340 мм розрізається роторною пилкою за 0,8 с. Мінімальна температура металу, що розрізається становить 750°C . На рис. 6 представлений варіант компоновки кінематичної схеми роторної пилки типу РЗМ.

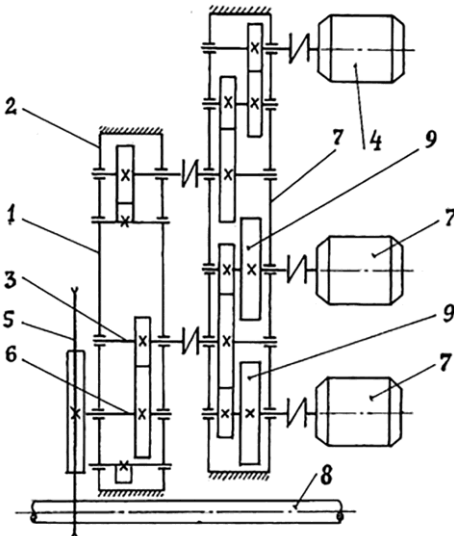


Рисунок 6 - Кінематична схема роторної пилки РЗМ (позначення в тексті).

Роторна пила складається з наступних основних частин. Водило 1 встановлено в нерухомому корпусі 2 з можливістю обертання навколо центральної осі 3 від електродвигуна 4. Пильний диск 5 змонтований на кінці вала 6, який отримує обертання від електродвигуна 7 через центральний вал 3 і зубчасті передачі. Відстань між віссю центрального вала 3 і віссю вала 6 - це радіус обертання осі пилкового диска 5. Цей радіус є одним з визначальних параметрів пилки. У розробленому типорозміром ряду пил цей радіус має значення: 200, 250, 380, 450, 500, 600 мм.

У вихідному положенні диск 5 знаходиться на максимальному видаленні від заготовки 8. При повороті водила 1 вал 6 з диском 5 здійснює круговий (планетарний) рух відносно центральної осі 3, наближаючись до заготовки 8. При цьому ріжучий диск 5 обертається разом з валом 6 навколо власної осі. Електродвигуни 7 призводять також в обертання маховики 9, які, запасаючись кінематичною енергією, допомагають різати заготовки великого перетину або охолоджені. Після закінчення різку водило переходить в режим гальмування і зупиняється в початковому положенні.

Поділ заготовки дисковими ножами та прямими бойками. У трубопрокатному виробництві використовується суцільна заготовка поперечного круглого перерізу мірної довжини. Кінці заготовки повинні мати правильну осесиметричну форму, а торці – перпендикулярні осі заготовки. Спотворення форми кінців є причиною утворення овалізації і різноцінності труб, що прокатуються, а відхилення торців від перпендикулярності викликає биття заготовки при прошивці і, як наслідок, різноцінність і овалізацію труби.

Запропоновано новий спосіб поділу гарячої трубної заготовки на мірні частини, який включає дві стадії поділу. В першій стадії діаметрально розташовані дискові ножі, які обертаються навколо заготовки одночасно впроваджуються в нерухому заготовку доти, поки діаметр перемички в площині поділу стане дорівнювати половині діаметра заготовки. На рисунку 7 показана перша стадія поділу в момент її закінчення. Тут $h_1 = 0,25D_3$ – глибина запровадження ножа в тіло заготовки; α_1 – кут клиноподібності дискового ножа; D_3 – діаметр заготовки; D_{II} – діаметр деформуючих пасків ножів.

В процесі обкатки дискових ножів відносно заготовки та їх впровадження відбувається деформація металу заготовки в двох напрямках: витяжка вздовж осі заготовки і радіальне розширення (наплив). Співвідношення між цими деформаціями залежить від кута клиновидності і товщини дискових ножів. При тонких і гострих ножах слід очікувати мінімальний наплив. Точна залежність між розширенням

діаметра заготовки вмісті розділення і параметрами дискових ножів має бути встановлена експериментально.

Для усунення напливів дискові ножі забезпечені деформуючими поясками, діаметр яких встановлюється по співвідношенню:

$$D_n = 0,5D_H - 0,25D_3 ,$$

де D_H - діаметр дискового ножа.

До моменту впровадження кожного ножа в тіло заготовки на величину h_1 деформуючі пояски своїми робочими поверхнями виходять на рівень поверхні заготовки. Таким чином формується правильна циліндрична форма кінців заготовок, що розділяються. Ширина деформуючих поясків встановлюється експериментально.

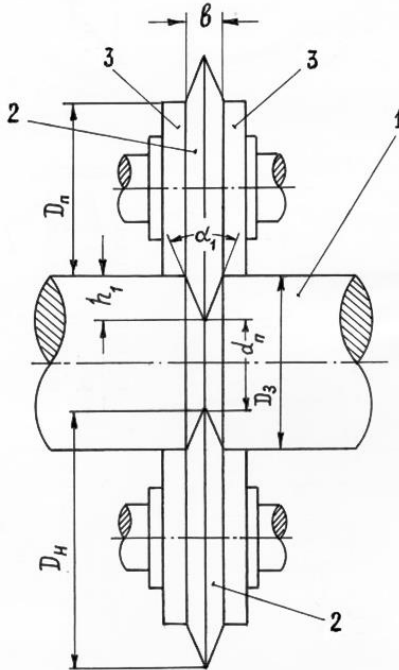


Рисунок 7 – Перша стадія розділу гарячої заготовки дисковими ножами: 1 – заготовка; 2 – дисковий ніж; 3 – деформуючий пояснок ножа.

У другій стадії поділу (рис. 8, 9) заготовка надходить у зону дії преса, два бойки якого синхронно впроваджуються в перемички на величину $h_2 = (0,2...0,3)d_n$ кожен, де d_n – діаметр перемички. При цьому в площині поділу створюються розтягуючі напруження, спрямовані вздовж осі заготовки і зумовлені дією розпірних сил T . Зазначені напруження перевищують межу міцності гарячого металу і приводить

до поділу заготовки на дві частини.

Кут клиновидності бойків (α_2) приймається менше кута клиновидності дискових ножів (α_1) з таким розрахунком, щоб до моменту, коли бойок впроваджується в перемичку на глибину h_2 , вершина контактної майданчика між боковою гранню бойка і заготовкою (а таких граней дві) виявилася на поверхні заготовки. Тоді форму контактної майданчика можна приблизно представити як рівнобедрений трикутник з основою

$$a = 2\sqrt{\frac{1}{2}d_n^2 - \frac{1}{4}b_1^2}$$

та висотою

$$h = \frac{D_3 - b_1}{2}.$$

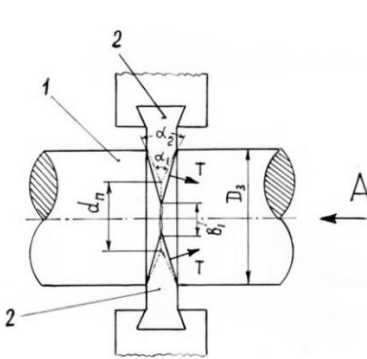


Рисунок 8 – Друга стадія розподілу гарячої заготовки прямими бойками: 1 – заготовка; 2 – бойок.

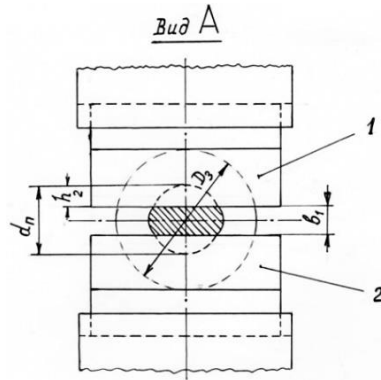


Рисунок 9 – Друга стадія розподілу (вид по стрілці А на рис. 8): 1 – бойок верхній; 2 – бойок нижній.

Площа перерізу другої перемички, яка утворюється в результаті впровадження кожного бойка на глибину h_2 , визначається виразом

$$F = 2b_1\sqrt{\frac{1}{2}d_n^2 - \frac{1}{4}b_1^2}.$$

Знаючи площу перерізу другої перемички і межу міцності металу на розрив при відповідній температурі, можна визначити горизонтальну складову сили T поділу заготовки.

Розглянемо варіант приводу впровадження дискових ножів у тіло

заготовки при обертанні ножів навколо її осі за рахунок вантажів, сполучених з осями ножів так, що вантаж розташований діаметрально протилежно своєму ножу. Таким чином, сила, з якою дисковий ніж впроваджується в тіло заготовки, дорівнює відцентровій силі вантажа за вирахуванням невеликої сили стиснення зворотних пружин.

Якщо вантаж має масу 10 кг, а його центр тяжіння розташований на відстані $R = 30$ мм від осі обертання, то відцентрова сила, діюча на вантаж при кутовій швидкості обертання $n = 1000$ об/хв. становить

$$P_{\text{ц}} = mw^2R = 10(10,7)^2 \cdot 0,3 = 328862 \text{ Н} (\approx 3,27 \text{ тс}),$$

$$\text{де } m \cong 10 \text{ Нс}^2/\text{м}; \quad w = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,7 \text{ 1/с.}$$

Час впровадження дискових ножів у гарячу заготовку на глибину $h_1 = 0,25 \cdot 140 = 35$ мм із силою близько 3 тс потребує експериментальної перевірки. Тут 140 мм – це діаметр заготовки.

Розглянутий спосіб може бути рекомендований для поділу заготовок діаметром до 250 мм.

Висновки

1. Розглянуті три основних способи різання гарячих заготовок мають кожен свої переваги і недоліки. Залежно від того, які вимоги пред'являються до торців порізнаних заготовок для подальшого переділу, вибирають той чи інший спосіб різі.

2. Різка на ножицях, володіє найвищою продуктивністю, програє в якості торців порізнаних заготовок.

3. Абразивне різання дає високу якість торців, але програє різанні на пилах і ножицях по продуктивності.

4. Різка роторними пилами, декілька поступаючись абразивній різці за якістю торців порізнаних заготовок, в той же час значно перевершує абразивне різання по продуктивності.

5. Для кожного із зазначених способів різання гарячих заготовок існує свій напрямок розвитку:

- для різання на ножицях – це розробка конструкції ножів і умов різання, що зменшують контактну і позаконтактну деформацію кінців заготовки, а також внесення в спосіб різання елементів штампування для отримання решт заданої форми, наприклад, загостреної;

- для абразивного різання – це інтенсифікація режимів різання, а також підвищення міцності і довговічності абразивних дисків за рахунок нових матеріалів;

- для роторних пил – це розширення їх застосування в прокатних цехах і в МБЛЗ, і не тільки для різання вихідних заготовок, але і для

різання прокатаних штанг.

6. При виробництві гарячедеформованих труб в технологічній лінії прокату можуть бути використані пили абразивного різання для відділення кінцевої обрізи і поділу прокату на мірні довжини.

7. Безвідходний двостодійний спосіб поділу трубних заготовок, що включає впровадження дискових ножів і одночасно їх переміщення до осі заготовки до утворення перемички, діаметр якої дорівнює половині діаметра заготовки і подальше впровадження в перемичку двох паралельних клинових бойків, дозволяє підвищити якість торцевих поверхонь заготовки для подальшої прокатки труб.

Перелік посилань

1. Соловцов С. С. *Безотходная резка сортового проката в штампах*. Москва : Машиностроение, 1985. 175 с.
2. Чернобривенко Ю. С., Теряев В. А., Добряк В. Д. О некоторых закономерностях деформации концов заготовок при резании на ножницах. Сб. науки. тр. УКРНИИмет «Сортопрокатное производство». 1976. С. 80-83.
3. Тимошенко В. А., Эрлих А. И., Пульбере А. И. *Резка сортового проката и труб на заготовки*. – Кишинев : ШТИИНЦА, 1986. 111 с.
4. Ножи для резки проката: а.с. 298410 СССР: МПК В21f 11/00 (В23d 35/00); заявл. 16.09.1969; опубл. 16.03.1971, Бюл. № 11.
5. Способ разделения горячего проката: а.с. 1682055 СССР: МПК В23D 15/00; заявл. 31.03.89; опубл. 07.10.91. Бюл. № 37.
6. Нисковских В. М., Карлинский С. Е., Беренов А. Д. *Машины непрерывного литья slabовых заготовок*. Москва : Металлургия, 1991. 272 с.
7. Бровман М. Я., Бойко Ю. П. Применение ножниц на сортовых машинах непрерывного литья заготовок. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 1982. № 2. С. 48-49.
8. Устройство для резки непрерывнолитых слитков: а.с. 2033300 СССР: МПК В23D 11/126; заявл. 11.11.92; опубл. 20.04.95, Бюл. № 11.
9. Кононенко В. Г., Яценко С. В. Импульсная резка горячего металла на УНРС. *Сталь*. 1972. № 3. С. 120-122.
10. Брикманис Г. Н., Мазниченко С. А., Воробьева О. Б. Эксплуатация машин импульсной резки непрерывнолитой заготовки. *Черная металлургия*. 1978. № 3. С. 49-51.
11. Вертикальная импульсная машина для резки проката: а.с. 541597 СССР: М. кл. В23D 15/02; В23D 25/08; заявл. 19.09.75; опубл. 05.01.77, Бюл. № 1.
12. Вертикальная импульсная машина для резки проката: а.с. 578165 СССР: М. кл. В23D 15/02; В23D 25/08; заявл. 11.06.75; опубл. 30.10.77, Бюл. № 40.
13. Импульсная машина для обработки давлением: а.с. 569403 СССР: М. кл. В23D 15/02; заявл. 03.11.75; опубл. 25.08.77, Бюл. № 31.
14. Высокоскоростная машина для резки проката: а.с. 633679 СССР: М. кл. В23D 15/02; заявл. 14.04.76; опубл. 25.11.78, Бюл. № 43.
15. Вертикальная импульсная машина для безотходной резки металла: а.с. 625849 СССР: М. кл. В23D 15/02; заявл. 21.04.76; опубл. 30.09.78, Бюл. № 36.
16. Ножи к вертикальной импульсной машине для резки металла: а.с. 1247193

СССР: М. кл. В23D 15/02; заявл. 26.06.84; опубл. 30.07.86, Бюл. № 28.

17. Горячая абразивная резка и перспективы ее применения. *Экспресс-информация «Черная металлургия». Выпуск 12. Серия: Прокатное и трубное производство.* Москва, 1985.

18. Эккер К.-Х. Опыт эксплуатации станков для горячей абразивной резки проката. *Черные металлы.* 1982. № 12. С. 12-16.

19. Модернизация сортового стана для производства сортового проката повышенного качества с установкой высокопроизводительной машины горячей абразивной резки. *«Черная металлургия»: Бюл. Ин-та «Черметинформация».* 2016. № 3. С. 125-127.

20. Ищенко А. А., Лоза Е. А. *Пилы горячей резки проката. Конструкция и расчет.* Мариуполь : ГВУЗ «ПГТУ», 2012. 252 с.

21. Пила для резки проката: пат. №2429951 РФ: МПК В23Д45; заявл. 01.04.2010, опубл. 27.09.2011, Бюл. №27.

22. Ротов И. С. Создание высокопроизводительных роторных пил для разрезания горячего проката. *Сталь.* 2011. № 12. С. 35-41.

23. Спосіб розподілу гарячої трубної заготовки на мірна частини: пат. №136189 Україна: В23D15/00; заявл. 18.02.2019, опубл. 12.08.2019, Бюл. №15.

References

1. Solovtsov, S. S. (1985). *Bezotkhodnaia rezka sortovogo prokata v shtampakh.* Mashinostroenie.

2. Chernobrivenko, Iu. S., Teriaev, V. A., & Dobriak, V. D. (1976). O nekotorykh zakonmernostiakh deformatsii kontsov zagotovok pri rezanii na nozhnitsakh. *Sb nauki tr UKRNIImet Sortoprokatnoe proizvodstvo.*

3. Timoshchenko, V. A., Erlikh, A. I., & Pulbere, A. I. (1986). *Rezka sortovogo prokata i trub na zagotovki.* SHTIINTSA.

4. Chekmarev, A. P., Borisenko, G. P., Dobryak, V. D., & Teryaev, V. A. (1971). SSSR. A.s. №298410.

5. Denisova, R. F., & Polyakov, B. N. (1991). SSSR. A.s. №1682055.

6. Niskovskikh, V. M., Karlinskii, S.E., & Berenov, A. D. (1991). *Mashiny nepreryvnogo litia sliabovykh zagotovok.* Metallurgiiia.

7. Brovman, M. Ia., & Boiko, Iu. P. (1982). Primenenie nozhnits na sortovykh mashinakh nepreryvnogo litia zagotovok. *Metallurgicheskaiia i gornorudnaia promyshlennost,* 2, 48-49.

8. Rubinshtejn, Yu. E., Bojko, Yu. P., Lebedev, V. I. et al. (1995). SSSR. A.s. №2033300.

9. Kononenko, V. G., & Iatsenko, S. V. (1972). Impulsnaiia rezka goriachego metalla na UNRS. *Stal,* 3, 120-122.

10. Brikmanis, G. N., Maznichenko, S. A., & Vorobeva, O. B. (1978). Ekspluatatsiia mashin impulsnoi rezki nepreryvnolitoi zagotovki. *Chernaia metallurgiiia,* 3, 49-51.

11. Komnatnyj, I. P., Kononenko, V. G., Yacenko, S. V. et al. (1975). SSSR. A.s. №541597.

12. Sadovskij, A.O., Kononenko, V.G., Yacenko, S.V. et al. (1977). SSSR. A. s. №578165.

13. Strizhenko, V.E., Kononenko, V.G., & Pyshnyak, L.G. (1977). SSSR. A. s.

№569403.

14. Sadovskij, A. O., Kononenko, V. G., Bozhko, V. V. et al. (1976). SSSR. A. s. №633679.

15. Botashev, A.Yu., Kononenko, V.G., Sadovskij, A.O. et al. (1978). SSSR. №625849.

16. Isaev, Yu. N., Chistyakov, G. F., Zavalin, G. G. et al. (1986). SSSR. A. s. №1247193.

17. Goriachaia abrazivnaia rezka i perspektivy ee primeneniia. (1985). *Ekspres-informatsiia Chernaia metallurgiiia.Vypusk 12. Seriia: Prokatnoe i trubnoe proizvodstvo.*

18. Ekker, K. –Kh. (1982). Opyt ekspluatatsii stankov dlia goriachei abrazivnoi rezki prokata. *Chernye metally.* 12, 12-16.

19. Modernizatsiia sortovogo stana dlia proizvodstva sortovogo prokata povyshennogo kachestva s ustanovkoi vysokoproizvoditelnoi mashiny goriachei abrazivnoi rezki. (2016). *Chernaia metallurgiiia. Biul In-ta Chermetinformatsiia,* 3, 125-127.

20. Ishchenko, A. A., & Loza, E. A. (2012). *Pily goriachei rezki prokata. Konstruktsiia i raschet.* GVUZ PGTU.

21. Kommisarchuk, S. Yu. et al. (2011). RF. Pat. №2429951.

22. Rotov, I. S. (2011). Sozdanie vysokoproizvoditelnykh rotornykh pil dlia razrezaniia goriachego prokata. *Stal,* 12, 35-41.

23. Balakin, V. F., Dobryak, V. D., Stepanenko, O. M., & Ugryumov, Yu. D. (2019). Ukraina. Pat. №136189, V23D15/00; zaiavl. 18.02.2019, opubl. 12.08.2019, *Biul.* №15.

V. D. Dobryak¹, Ph. D. (Tech.), Leading Engineer

D. Yu. Ugryumov², Technical Director

Yu. M. Nykolayenko³, Senior Teacher, ORCID 0000-0002-1559-9584

I. A. Solovyova³, Ph. D. (Tech.), Associate Professor, ORCID 0000-0003-1569-567X

¹ SE "Ukrainian Institute for the Design of Metallurgical Plants"

² LLC "Engineering Bureau Franke International"

³ Ukrainian State University of Science and Technology

CONDITION AND DEVELOPMENT OF METHODS FOR DIVIDING A HOT METAL TO MEASURED LENGTHS

Abstract. Analysis of hot metal dividing methods into measured lengths from the point of view of providing the required quality of their ends after separation, as well as high performance methods is the aim of the work. This is especially important for the preparation of hot metal for subsequent processing, including rolling and tube rolling units, where high quality of the ends of the workpieces reduces the end cut and metal consumption ratios, and tube quality also improves the quality of rolled steel shells and pipes. Well-known literary and patent sources in the field of the separation of hot metal into measured lengths both during continuous casting of steel and in subsequent redistribution, are researched in this work. As a result of the analysis, it has been established that widely used methods for the separation of hot metal in

practice cannot provide high quality pipe ends after separation, which increases the metal loss in subsequent redistribution. The most promising for the separation of hot metal into measured lengths in rolling and tube-rolling production is hot-abrasive cutting and cutting with rotary saws. They are becoming more common in production. The practical significance of the results presented in this paper are proposals for the use of progressive methods for separation of hot metal both in terms of high productivity and, above all, the required quality of the resulting ends after separation for subsequent redistribution. The development directions of the analyzed methods for the separation of hot metal are considered. A waste-free two-stage method has been proposed for dividing round hot billets into dimensional parts, which improve the quality of the ends for subsequent rolling of pipes.

Key words: metal separation, quality of the ends, metal squeezing, cutting with scissors, abrasive cutting, rotary saws cutting, impulsive cutting, productivity.

For citation: Dobryak, V. D., Ugryumov, D. Yu., Nykolayenko, Yu. M., & Solovyova, I. A. (2023). Condition and development of methods for dividing a hot metal to measured lengths. *Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 37, 324-339. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2023-37-324-339>

Стаття надійшла до редакції збірника 22.09.2023 р.

Рекомендовано до друку редколегією збірника (Протокол № 9 від 19.12.2023 р.)