

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.31319/2519-2884.48.2026.8

УДК 669.162.231

Угрюмов Ю.Д.¹, к.т.н., провідний інженер, ORCID 0009-0003-5156-9010,
e-mail: ugrumov1946@gmail.com

Добряк В.Д.¹, к.т.н., провідний інженер, ORCID 0009-0002-3574-7780,
e-mail: usustime2025.01@gmail.com

Мазур І.А.², к.т.н., доцент, ORCID 0000-0003-2177-7110, e-mail: i.a.mazur@ust.edu.ua

Угрюмов Д.Ю.³, технічний директор, ORCID 0009-0007-2630-5709,
e-mail: ugrumov1946@gmail.com

¹ ДП «Український інститут по проектуванню металургійних заводів», м. Дніпро

² Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

³ ТОВ «Морська Сюрвейерська Компанія», м. Дніпро

Ugrumov Yurii¹, Candidate of technical sciences, Senior Engineer

Dobryak Volodymyr¹, Candidate of technical sciences, Senior Engineer

Mazur Ihor², Candidate of technical sciences, Associate Professor

Ugrumov Dmytro³, Technical director

¹ SE «Ukrainian institute for designing iron and steel works», Dnipro

² Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro

³ LLC «Marine Survey Company», Dnipro

РОЗВИТОК ПРОЦЕСІВ ПІДГОТОВКИ ЗАГОТОВОК ДО ПРОШИВАННЯ НА КОСОВАЛКОВОМУ СТАНІ*

Питання удосконалення отримання гільз на косовалкових прошивних станах різних трубопрокатних агрегатів є актуальними з огляду на їх вплив на якість отриманих труб і продуктивність агрегатів, а також в зв'язку зі складністю самого процесу прошивання. Для удосконалення процесу прошивання запропоновано цілий ряд технічних рішень з підготовки заготовок до прошивки, як за рахунок зацентрування їх торців, так і профілювання на конус переднього кінця. При цьому така підготовка може здійснюватися як окремо, так і практично одночасно. З огляду на складність обладнання та, внаслідок цього, низьку його надійність, розглянуто спосіб підготовки переднього кінця заготовки послідовно на першій позиції з профілюванням переднього кінця планетарною обкаткою приводною обоймою з холостими роликками та подальшою поперечною передачею заготовки на другу позицію, де здійснюється центрування переднього кінця в конічній матриці з одночасними зацентруванням заднього і переднього торців заготовки. Запропоновані нові технічні рішення з підготовки кінців заготовок перед прошиванням на косовалковому стані можуть бути використані на трубопрокатних агрегатах з автоматичним трьохвалковим розкатним станом, що дозволить знизити різностінність кінців гільз і труб та зменшити витратний коефіцієнт металу.

Ключові слова: заготовка; прошивний косовалковий стан; гільза; точність гільз; ділянка підготовки заготовок; гідроциліндр; поворотний стіл; рольганг; матриця; пуансон; центрувальний отвір; планетарна обкатка заготовок; витратний коефіцієнт металу.

* Присвячується пам'яті відомого вченого і спеціаліста в галузі трубного виробництва, кандидата технічних наук, старшого наукового співробітника Дніпропетровського металургійного інституту Кущинського Георгія Миколайовича (06.07.1939 — 14.12.2011).

The issue of improving the production of sleeves on cross-roll piercing mills of various pipe rolling units is relevant given their impact on the quality of the pipes produced and the productivity of the units, as well as the complexity of the piercing process itself. To improve the piercing process, a number of technical solutions have been proposed for preparing billets for piercing, both by centring their ends and by profiling the front end to a cone. Such preparation can be carried out either separately or practically simultaneously. Given the complexity of the equipment and, as a result, its low reliability, a method of preparing the front end of the blank sequentially in the first position with profiling of the front end by planetary rolling with a drive ring with idle rollers, followed by transverse transfer of the blank to the second position, where the front end is centred in a conical die with simultaneous centring of the rear and front ends of the workpiece. The proposed new technical solutions for preparing the ends of workpieces before stitching on a cross-rolling mill can be used on pipe rolling units with automatic, three-roll, rolling mills and others, which will reduce the unevenness of the ends of sleeves and pipes and reduce the metal consumption coefficient.

Keywords: blanks; slant-roll piercing mill; sleeve; sleeve accuracy; workpiece preparation area; hydraulic cylinder; rotary table; roller table; matrix; punch; centering hole; planetary running-in of workpieces; metal consumption coefficient.

Постановка проблеми

Питання удосконалення отримання гільз на косовалкових прошивних станах є актуальними з огляду як складності самого процесу, так і його впливу на продуктивність трубопрокатного агрегату (ТПА) та якість отримуваних труб. Тому в технічній літературі постійно зростає кількість публікацій, присвячених удосконаленню процесу косовалкового прошивання, а також в зв'язку з більш широким останнім часом використанням в якості вихідної заготовки безперервнолитого металу круглого поперечного перерізу.

Значна кількість відомих технічних рішень з підготовки заготовок до прошивання на косовалковому стані розширює можливість адаптації їх для конкретних умов виробництва.

На базі раніш запропонованих технічних рішень даної задачі необхідно розглянути шляхи їх подальшого розвитку, в тому числі при використанні в якості вихідного металу для прошивання безперервнолитої заготовки (БЛЗ) круглого поперечного перерізу, що визнано в даний час найбільш раціональним і економічно доцільним варіантом для заготовок діаметром до $\varnothing 500$ мм.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

При виробництві гарячекатаних труб отримання гільзи в більшості випадків здійснюється на косовалкових прошивних станах різного типу [1].

Якість гарячекатаних безшовних труб, які виготовляються на різних ТПА з автоматичним, безперервним, пілігримовим та іншими станами, в значній мірі залежить від якості гільз, які отримані шляхом косовалкового прошивання.

Одним з важливих показників якості гільз, що отримують при прошиванні, є точність за товщиною їх стінки, яка визначається поперечною та поздовжньою різностінністю. Точність гільз за товщиною стінки при косовалковому прошиванні залежить від багатьох факторів, в тому числі підготовки заготовок до прошивання, обраних параметрів прокатки та калібрування інструмента, налаштування стана тощо [2, 3].

Важливе значення мають операції підготовки заготовки, до яких можна віднести наступні: розділення вихідної заготовки на мірні довжини, нагрівання до температури гарячого деформування, профілювання передніх кінців заготовок, зацентрування, а також суміщення двох останніх операцій [4].

Аналіз точності гільз при косовалковому прошиванні та заходи для її підвищення. Заготовка, пересуваючись штовхачем у напрямку прокатки, захвачується валками прошивного стану, які обертаються в один бік, надаючи заготовці обертання в протилежний бік, при цьому вона отримує поступальний рух внаслідок похилого розташування валків у прошивному стані (кут подачі валків складає 4° – 15°). Внаслідок того, що вхідна сторона валків має конусність, заготовка, рухаючись вздовж осі прошивки, обтискається по діаметру, а її переріз з круглого стає овальним. При цьому на передньому торці заготовки утворюється лійкоподібне заглиблення («утяжка»). Це загли-

блення та центрувальний отвір забезпечують напрямок носію оправки по осі заготовки, що дозволяє знизити різностінність переднього кінця гільзи [1]. Величина утяжки збільшується з ростом витяжки при прошиванні, що характерно для тонкостінних гільз, тому іноді вважають, що в цьому випадку зацентрування не доцільне. Точність проникання оправки в торець заготовки по її осі може бути забезпечено у випадку, коли передній кінець заготовки не обтискається валками до контакту з оправкою, що може бути досягнуто попередньою підготовкою кінця заготовки перед прошивним станом. При подальшому русі заготовки оправка проникає в її серцевину і здійснюється власне процес прошивання з отриманням порожнистої заготовки (гільзи).

Особливості процесу косовалкового прошивання визначають підвищену різностінність як кінцевих ділянок гільзи, так і її середньої частини, що призводить до підвищеної різностінності готових труб і збільшенню витратного коефіцієнта метала [2, 3].

Для зниження різностінності кінців гільз достатньо широко використовують операцію зацентрування переднього торця заготовки. Однак здійснення цієї операції не завжди забезпечує позитивні результати, що пов'язано, перш за все, з незадовільною якістю торців, а також кривизною заготовки та відхиленням оправки від осі прошивання. Більшість діючих на даний час пристроїв для зацентрування заготовки забезпечують достатньо низьку точність співвідношення оправки та заготовки в 5—6 мм і вище.

Відомо, що одним з напрямків підвищення точності гільз шляхом зниження їх різностінності є дотримання технологічної осі прошивання: співвісне розташування осі прошивання, осі заготовки — гільзи, осі оправки, а також симетричне розташування валків і лінійок відносно осі прокатки.

На основі викладеного можна уявити механізм утворення поперечної ексцентричної різностінності як безперервну зміну положення осі оправки відносно осі стана, що співпадає з первісною віссю прошивання. Очевидно, що в цьому випадку ось прошивання безперервно викривляється. Робота стана зі зміщенням осі прошивання (заниженням її відносно осі стана) погіршує описаний механізм, так як викривляє відносно симетричне налаштування, що погіршується розворотом валків на кути подачі. Причому зі збільшенням кутів подачі викривлення первісного налаштування осередка деформації зростають. Тому завжди в реальних умовах має місце утворення поперечної різностінності при прошиванні гільзи на косовалковому стані. Особливим питанням є забезпечення стійкості стрижня з оправкою, порушення якої призводить до повороту оправки в осередку деформації, збільшуючи ексцентричну різностінність.

На прошивних станах ось прошивання встановлюють, як правило, нижче осі стана на $\Delta = 5 \pm 1$ мм і її положення регулюється зміною положення нижньої напрямної лінійки. Центрувачі стрижня оправки в закритому положенні повинні забезпечувати зазор між стрижнем і роликами центрувача від 2 мм до 3 мм, що необхідно внаслідок зміщення стрижня відносно осі стана, при незмінному положенні заднього кінця стрижня в замку дорнового пристрою. При цьому необхідно відзначити два важливих моменти: перший — не забезпечується жорстке заземлення стрижня роликами центрувачів і другий — наявність зазорів між роликами центрувачів і стрижнем при вібрації останнього в процесі прошивання призводить до зносу роликів, а також зниженню строку служби центрувачів. Недостатня ефективна робота центрувачів збільшує вібрації гільзи, стрижня, оправки, що — в свою чергу — підвищує ексцентричну різностінність гільз.

Підвищенню точності гільз за рахунок зниження різностінності сприяє зменшення коефіцієнта овалізації при прошиванні. Максимальна ефективність досягається при зниженні коефіцієнта овалізації до одиниці, що здійснено на прошивних станах з приводними напрямними дисками. Тому на таких станах суворо забезпечується співвідношення заготовки, оправки та стрижня. В цьому випадку забезпечується мінімальна різностінність по всій довжині гільзи.

Для стабілізації положення заготовки — гільзи на осі прошивання — запропоновано нове калібрування технологічного інструменту прошивного стана, включаючи валки та напрямні лінійки. При цьому кожний валок виконаний з двома кінцевими ділянками змінного діаметра з гіперболічною твірною, а кожна лінійка виконана з вихідною ділянкою, що має циліндричну поверхню [5].

Зацентруванню передніх торців заготовок перед прошиванням присвячена значна кількість робіт, в тому числі [6—8] та інші. В даний час продовжується пошук найбільш раціональ-

них технічних рішень по здійсненню зацентрування заготовок широкого розмірного та марочного сортаменту. Разом з тим, зацентрування задніх торців заготовок перед прошиванням менш відомо, хоча воно може бути ефективним для зменшення різностінності задніх кінців гільз. Необхідно відзначити, що цьому питанню в даний час не приділяється достатньої уваги.

Суміщення профілювання переднього кінця заготовки з одночасним зацентруванням її переднього торця є прогресивним напрямком, якому було приділено достатньо велику увагу дослідників [4, 9, 10]. Однак з огляду складності такої підготовки заготовки для прошивання, вона не отримала практичного застосування і до сьогодні залишається перспективною. Однією з останніх робіт в цьому напрямку є розвідка [10], в якій профілювання переднього кінця заготовки здійснюється запресуванням його в конічну матрицю за допомогою силового гідроциліндра й утворення центрального отвору за рахунок проникнення бойка за допомогою іншого силового гідроциліндра.

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є подальший розвиток процесів підготовки заготовок до прошивання, які суміщають профілювання передніх кінців заготовок і зацентрування їх передніх та задніх торців, в тому числі при використанні в якості вихідного металу для прошивання БЛЗ круглого поперечного перерізу.

Виклад основного матеріалу

Конструкція модернізованої ділянки для підготовки кінців заготовок до прошивання.

У роботі [10] була запропонована концепція ділянки з розташованим на ній обладнанням, що дозволяє здійснювати підготовку заготовок різного діаметра на окремих позиціях без переналадування обладнання.

В основу підготовки заготовки покладено спосіб запресування її переднього кінця в конічну матрицю з подальшим зацентруванням пуансоном, закріпленим на штоку гідроциліндра.

Загальний вид установки для підготовки передніх кінців заготовок до прошивання на косовалковому стані наведений на рис. 1.

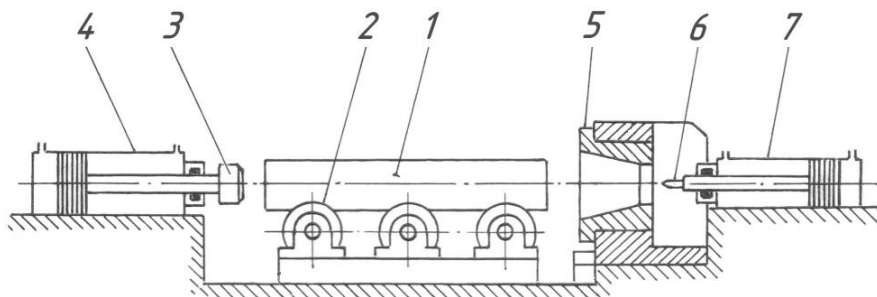


Рис. 1. Загальний вид установки: 1 — злиток; 2 — трьохролковий поворотний рольганг; 3 — головка штоку; 4, 7 — гідроциліндри; 5 — матриця; 6 — конічно-циліндричний пуансон

Заготовка 1 круглого поперечного перерізу розміщується на роликах 2 поворотного рольганга. Головою 3 штока гідроциліндра 4 відбувається силове задавання переднього кінця заготовки в конічну матрицю 5, де він обтискається по діаметру та приймає форму робочої поверхні матриці. Потім здійснюється зацентрування переднього торця заготовки конічно-циліндричним пуансоном 6, який втискається в торець заготовки на задану глибину за рахунок зусилля гідроциліндра 7. Видача підготовленої заготовки з матриці 5 здійснюється за рахунок втягування штоку гідроциліндра 4 та осьового зусилля зі сторони пуансона 6, яке створюється гідроциліндром 7.

Недоліком відомого технічного рішення, наведеного у роботі [10] є неможливість забезпечення співвісності заготовки та пристрою для підготовки її переднього кінця, що обумовлено зміною діаметра заготовки. Тому, нами була розроблена модернізована конструкція поворотного рольганга, на якому розміщується заготовка. Конструкція модернізованого поворотного рольганга наведена на рис. 2 та рис. 3.

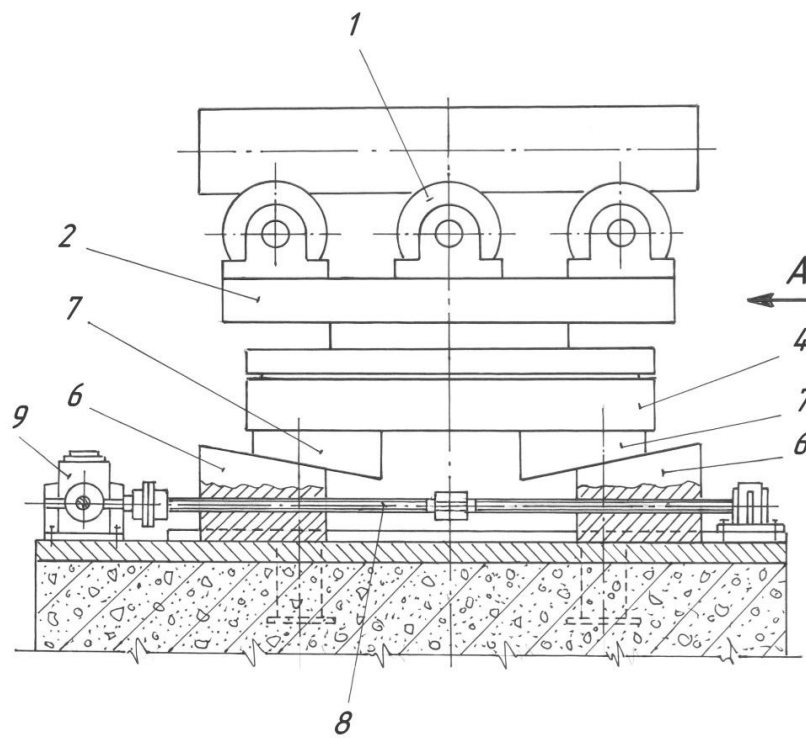


Рис. 2. Загальний вид модернізованої конструкції поворотного рольгангу

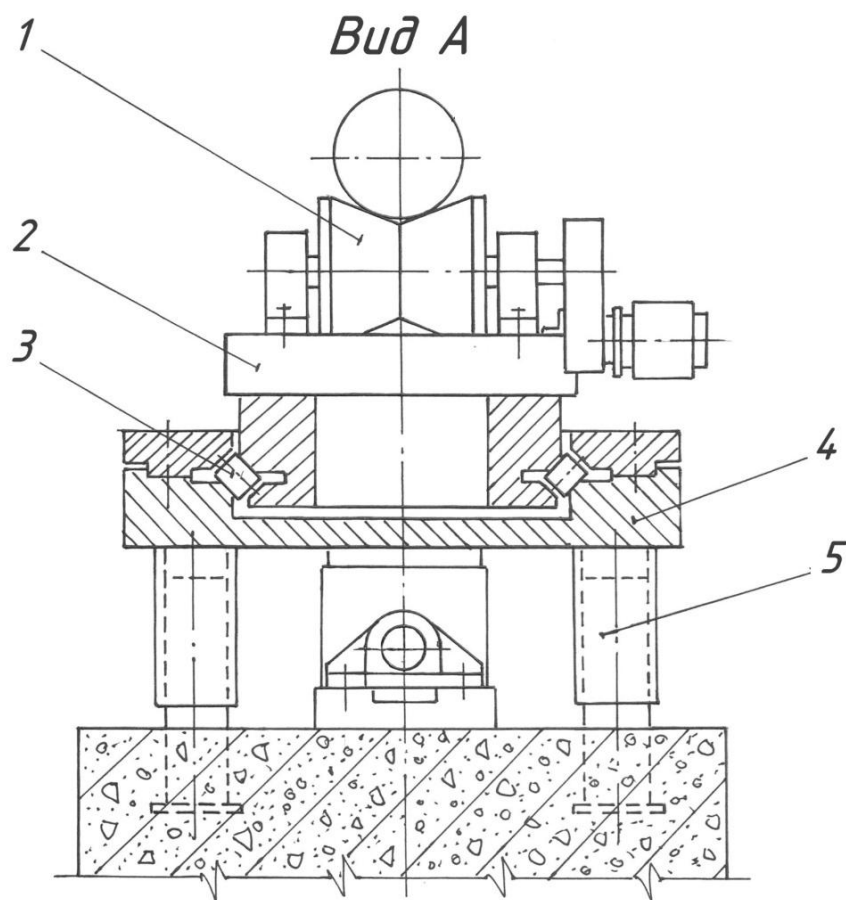


Рис. 3. Вид на поворотний рольганг в напрямку А на рис. 2

Якщо наступний злиток має діаметр, відмінний від діаметра попереднього злитка, то відбувається налаштування поворотного рольганга 1 по висоті. Так, якщо новий злиток має діаметр, менший аніж діаметр попереднього злитка, то вмикається електродвигун клинового механізму на зближення рухомих клинів 6. Обертання від електродвигуна через черв'ячний редуктор 9 передається гвинту 8, який заставляє клини 6 рухатись назустріч один до одного. Кліни 6, які взаємодіють з клинами 7, заставляють необертову частину 4 підшипника 3 з рамою 2 і рольгангом 1 переміщуватися нагору завдяки чотирьом напрямним стоякам 5. Зупинка клинового механізму відбувається при спрацьовуванні датчика положення рами 2, виставленого на заданий діаметр злитка.

Якщо наступний злиток має діаметр, більший, чим діаметр попереднього злитка, то налаштування висоти рольганга 1 відбувається в зворотному порядку, тобто клини 6 віддаляють друг від друга, змінюючи напрямок обертання гвинта 8. При цьому рама 2 з підшипником 3, необертової частини 4 під дією власної ваги опускаються вниз на розрахункову величину, що фіксується або датчиком, або оператором візуально за висотною відміткою.

У результаті підготовки переднього кінця заготовки на запропонованій установці заготовка має вид, наведений на рис. 4. Передній кінець 2 заготовки 1 має конічну форму з параметрами: довжина l і кут α нахилу твірної конічної ділянки.

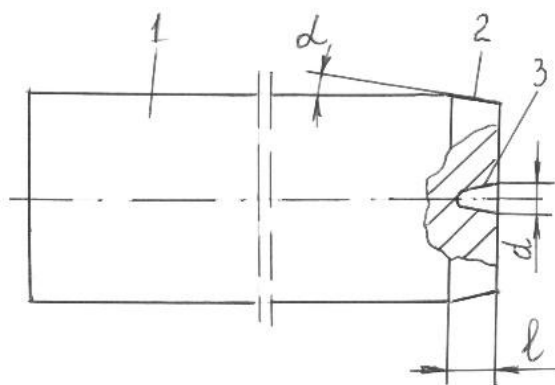


Рис. 4. Заготовка з підготовленою конічною ділянкою на зовнішній поверхні переднього конуса і центрувальним отвором на передньому торці

Кут α відповідає куту нахилу вхідного конуса валка прошивного стану і складає $3-4^\circ$.

Діаметр центрувального отвору d на торці заготовки обирається із умови розміщення в заготовці тільки носика оправки або при глибокому зацентруванні розміщення більшої частини оправки. Тоді діаметр d центрувального отвору може дорівнювати діаметру оправки прошивного стану.

Довжина l конічної ділянки 2 визначається з урахуванням особливостей технології прошивання на кожному конкретному стані і складає приблизно $50-80$ мм з урахуванням висування оправки за пережим валків. Зі збільшенням довжини l підготовленої переднього кінця гільзи відповідно збільшується осьове зусилля на заготовку, що необхідно враховувати при виборі зусилля гідроциліндра. На деяких ТПА при малих діаметрах заготовки ($\varnothing 60-120$ мм) може стояти питання о поздовжній стійкості заготовок при їх відповідній довжині. В цих випадках необхідно вивчати це питання теоретично і експериментально.

Коригування положення осі заготовки перед її підготовкою за допомогою запропонованої установки пов'язана з одного боку з використанням для прошивання заготовок різного діаметра, а з іншого з коливаннями діаметра круглої БЛЗ в межах одного діаметра. Згідно технічних умов коливання діаметра БЛЗ складає $\pm 1,5\%$, що, для прикладу, у випадку заготовки номінальним діаметром $\varnothing 300$ мм призводить до зміни її діаметра від $\varnothing 304,5$ мм до $\varnothing 295,5$ мм, тобто на $9,0$ мм. Для діаметра заготовки $\varnothing 470$ мм коливання її діаметра можуть складати $\varnothing 477,05$ мм і $\varnothing 462,95$ мм, тобто $14,1$ мм. Таку розбіжність діаметра заготовки в межах одного номінального діаметра, безумовно слід враховувати для правильного налаштування установки з метою забезпечення необхідної точності зацентрування переднього торця.

Установка для підготовки передніх кінців заготовок планетарною обкаткою з одночасним зацентруванням. Г.М. Кущинським запропонована і обґрунтована підготовка передніх кінців заготовок перед прошивним косовалковим станом, яка відрізняється планетарною обкаткою переднього кінця заготовки з формуванням конічної поверхні з кутом нахилу твірної на 1° більше кута вхідного конусу застосованого калібрування валків прошивного стану і одночасним зацентруванням переднього торця заготовки. Ним наведені технічні рішення для здійснення такої підготовки [11].

Ці рішення можуть бути використані для подальшого розвитку процесу підготовки кінців заготовок. Вказані рішення були розроблені для умов ТПА 200 ПАТ «Інтерпайп Ніко-Тьюб» з трьохвалковим розкатним станом при зміні діаметра заготовки від $\varnothing 115$ мм до $\varnothing 230$ мм.

Максимальна величина різностінності труб локалізується на кінцях і поступово спадає у напрямку до середньої частини труби до величин, відповідних сталому процесу. Такий характер зміни різностінності по довжині труби визначає в значній мірі величину кінцевої обрізі. За існуючою технологією довжина обрізі на трубах з відношенням $D/S < 9$ складає для переднього кінця 50 мм, для заднього — 100 мм; при $D/S > 9$ — 75 мм і 125 мм відповідно.

Для удосконалення процесу прошивання з метою зменшення різностінності гільз і поліпшення умов захвату запропоновано у валки задавати заготовку, форма переднього кінця якої відповідає формі калібру, утвореного вхідною частиною валків, а її центрувальний отвір – формою носка оправки [9].

Отримання заготовок з такою формою переднього кінця можливо шляхом одночасного деформування зовнішньої поверхні для придання необхідної конусності і нанесення центрувального заглиблення на торці. Цій меті служить обкатний пристрій, запропонований Г.М. Кущинським, де суміщені ці дві операції [11].

Можна очікувати, що цей метод суттєво підвищить точність нанесення центрувального отвору відносно осі заготовки.

У даний час відомі різні способи отримання центрувального отвору на торці, до яких відносяться свердління заготовки в холодному стані (зазвичай застосовується для виробництва труб з важкодеформованих марок сталей і сплавів), видавлюванням на пневматичних або гідравлічних зацентрувальниках.

Бойок зацентрувальника, який має відповідну форму, вдавлюється в торець нагрітої заготовки, утворюючи заглиблення, котре служить центром для проникання носка оправки в початковий момент прошивання.

В умовах виробництва підшипникових труб на установці з трьохвалковим розкатним станом передбачений пневматичний зацентрувальник ударного типу. Однак, його конструктивні особливості не дозволяють здійснювати точне нанесення центрувального отвору. Відсутність центруючих затискачів заготовки, знос внутрішньої поверхні циліндра внаслідок потрапляння окалина в головну частину, вихідна кривизна заготовки і, нарешті, візуальне налаштування зацентрувальника на необхідний розмір заготовки призводять до значних відхилень центрувального отвору відносно осі заготовки.

Отримання ексцентричного центрувального отвору несприятливо позначається не тільки на різностінності гільз, но і оказує помітний вплив на якість їх зовнішньої і внутрішньої поверхні.

Для забезпечення обкатки кінців заготовок у всьому діапазоні розмірів, що застосовуються (від $\varnothing 115$ мм до $\varnothing 230$ мм включно). Г.М. Кущинським в роботі [11] запропоновано два варіанта обертової роликової касети. По першому варіанту застосовуються змінні касети для кожного діаметра заготовок. По другому варіанту передбачається можливість радіального регулювання осей роликів для обкатки заготовок всього діапазону діаметрів.

Роликова касета приводиться в обертання від двигуна через редуктор, який має полий шпindel, в середині якого знаходиться ствол зацентрувальника. В процесі обкатки переднього кінця, заготовка утримується від обертання затискачами. Обертова касета переміщується в осьовому напрямку за допомогою гідравлічного важільного механізму. Після закінчення процесу обкатки на торці заготовки під дією ударного навантаження зі сторони бойка витискається центрувальний отвір, який співпадає з віссю заготовки.

Аналіз запропонованого в роботі [11] процесу підготовки переднього кінця заготовки з одночасним зацентруванням її переднього торця показав, що він характеризується достатньо високою складністю за рахунок застосування цілого ряду операцій на одній позиції положення заготовки, а також нестандартним розташуванням обладнання, що знижує надійність його експлуатації та ускладнює обслуговування.

Форма і розміри підготовленого переднього кінця заготовки. Розглянемо необхідні параметри підготовленого кінця заготовки в умовах ТПА 200 ПАТ «Інтерпайп Ніко-Тьюб»:

- зміщення центрувального отвору відносно осі заготовки на думку Г.М. Кущинського не повинно перевищувати $0,3 \div 0,5$ мм, однак більш реальним є не більше $1,0—1,5$ мм;
- кут конусності переднього кінця заготовки повинен бути на $0^{\circ}30'—1^{\circ}0'$ більшим кута входного конусу застосованого калібрування валків;
- довжина підготовленого кінця і розміри центрувального отвору повинні відповідати значенням, приведеним в табл. 1.

Таблиця 1. Параметри підготовленого кінця заготовки

Діаметр заготовки, мм	Довжина підготовленого кінця, мм	Глибина центрувального отвору, мм	Діаметр центрувального отвору, мм
110—150	50	30	30
160—190	60	35	35
200—230	70	35	35

Коротка технічна характеристика установки для підготовки передніх кінців заготовок:

зовнішній діаметр заготовки, мм.....115—230
 довжина заготовки, мм.....1500—3700
 діаметр роликів, мм..... 250—300
 кут подачі, град.....2
 максимальне зусилля на ролик, кН.....100
 потужність привода, кВт..... 50
 швидкість обертання обкатної касети, об/хв.....300
 цикл підготовки заготовки, с.....не більше 8

Підготовка передніх кінців відбувається в гарячому стані обертовою касетою з роликами спеціальної конфігурації в лінії транспортування заготовки від печі до прошивного стану.

Експериментальні дослідження проведені Г.М. Кущинським в виробничих умовах на ТПА 200 показали, що застосування нової технології з підготовкою кінця заготовки перед прошиванням дозволяє:

- знизити кінцеву поперечну різностінність гільз до величин, відповідних сталому процесу;
- здійснити процес прошивання без втрати продуктивності з мінімальними обтисканнями перед носиком оправки, що складають 4—5 %;
- зменшити обрізь передніх кінців труб в 1,5—2,0 рази у порівнянні з існуючими нормами, а також знизити величину нормованої обрізі і за рахунок цього зменшити витратний коефіцієнт метала.

Концепція модернізованої установки для підготовки заготовки до прошивання на косовалковому стані. З огляду складності реалізації мети підготовки переднього кінця заготовки з її зацентруванням на одній позиції, що знижує надійність цієї технології, а також складності обслуговування обладнання, нами пропонується технологічний процес із двох стадій. На першій стадії здійснювати обкатку переднього кінця нерухомої заготовки за рахунок обертання касети з холостими роликами. Після закінчення профілювання кінця заготовки касета переміщається в протилежному напрямку. Потім заготовка вивільняється від затискачів і передається по решітці на другу позицію, де виконується друга стадія технології. На другій стадії відбувається зацентрування переднього і заднього кінців заготовки. Для забезпечення співвісності осі заготовки і осі зацентрувальника, передній кінець заготовки задається в матрицю, конусність внутрішньої поверхні якої дорівнює конусності переднього кінця заготовки.

За допомогою гідроциліндра заштовхування заготовка центрується і одночасно здійснюється зацентрування заднього кінця заготовки. Потім здійснюється зацентрування переднього кінця заготовки. Після цього заготовка вивільняється з матриці і передається далі до прошивного стану.

На рис. 5 схематично показана установка для підготування заготовки до прошивання з двома позиціями для її здійснення.

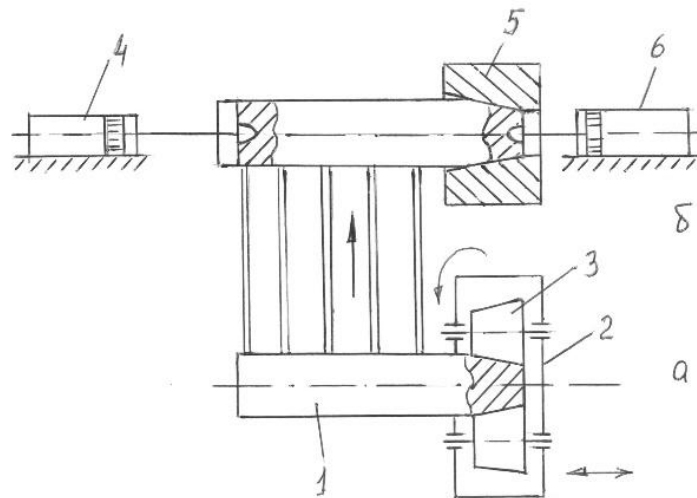


Рис. 5. Схематичний вид установки для підготовки заготовки до прошивання: а) перша позиція; б) друга позиція; 1 — заготовка; 2 — обойма; 3 — холості ролики; 4 — гідроциліндр заштовхувача заготовок; 5 — матриця; 6 — гідроциліндр переміщення бойка

При зміні діаметра заготовки від $\varnothing 115$ мм до $\varnothing 230$ мм повинна бути забезпечена співвісність заготовки відносно касети з холостими роликами на першій позиції і співвісність заготовки з матрицею і гідроциліндрами на другій позиції, що може бути забезпечено переміщенням заготовки в вертикальній площині.

Розглянемо визначення параметрів робочої частини матриці для центрування переднього кінця заготовки перед здійсненням операції зацентрування її торців. На рис. 6 приведена схема матриці для центрування заготовок трьох типорозмірів діаметрами $\varnothing 130$ мм, $\varnothing 150$ мм і $\varnothing 170$ мм. Визначення розмірів внутрішньої поверхні матриці визначаються діаметрами заготовок, довжиною підготовленого конічного переднього кінця заготовки. Визначення ділянок робочої поверхні матриці визначається при діаметрах заготовки $\varnothing 130$ мм, $\varnothing 150$ мм і $\varnothing 170$ мм, довжинах підготовленого кінця заготовки, рівного 70 мм, кута $\alpha = 4^\circ$, при конструктивних параметрах $l_1 = 32$ мм, $l_4 = 50$ мм. Довжини $l_2 = \left(\frac{D_3}{2} - \frac{D_2}{2}\right) \cdot \text{ctg} \alpha = (85 - 75) \cdot \text{ctg} 4^\circ = 143$ мм і $l_3 = \left(\frac{D_2}{2} - \frac{D_1}{2}\right) \cdot \text{ctg} \alpha = (75 - 65) \cdot \text{ctg} 4^\circ = 143$ мм. Загальна довжина $L = 32 + 143 + 143 + 50 + 70 = 438$ мм ≈ 440 мм.

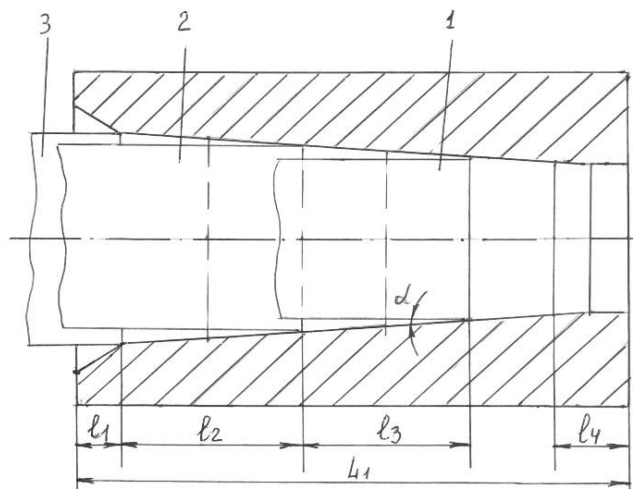


Рис. 6. Схема до розрахунку параметрів робочої поверхні матриці для центрування заготовок трьох типорозмірів: 1 — для $\varnothing 130$ мм; 2 — для $\varnothing 150$ мм; 3 — для $\varnothing 170$ мм

На рис. 7 наведено два варіанти матриць для центрування відповідно заготовок $\varnothing 130$ мм і $\varnothing 150$ мм (рис. 7, а) та $\varnothing 150$ мм і $\varnothing 170$ мм (рис. 7, б).

Розрахунок, виконаний по вище наведеній методиці визначає довжини матриць представлених на рис. 7, а та рис. 7, б рівними $L_2 = L_3 = 295$ мм ≈ 300 мм.

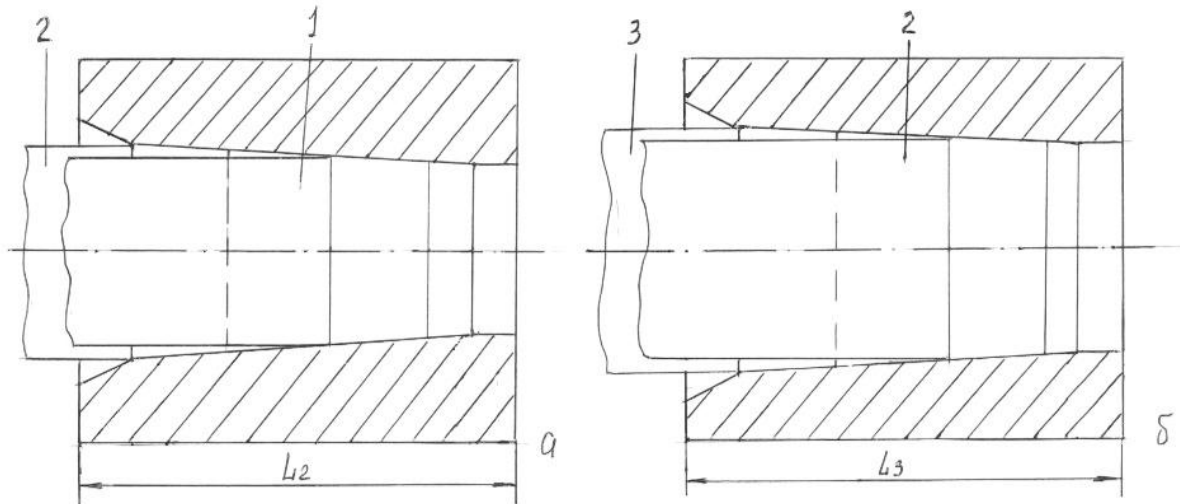


Рис. 7. Варіанти матриць для центрування заготовок: а) матриця для $\varnothing 130$ мм і $\varnothing 150$ мм; б) матриця для $\varnothing 150$ мм і $\varnothing 170$ мм; 1 — для $\varnothing 130$ мм; 2 — для $\varnothing 150$ мм; 3 — для $\varnothing 170$ мм

Практична новизна і корисність даної роботи полягає в розробці технічних рішень з удосконалення процесів підготовки заготовок до прошивання на косовалкових станах різних трубопрокатних агрегатів, котрі полягають в профілюванні їх передніх кінців з одночасним зацентруванням їх торців, що дозволяє підвищити точність кінцевих ділянок гільз та труб, і знизити тим самим втрати металу в обрізь.

Висновки

1. Процес косовалкового прошивання заготовки супроводжується підвищеною різностінністю її кінців, що знижує точність труб і призводить до підвищеної кінцевої обрізі, збільшуючи витратний коефіцієнт металу.

2. Аналіз точності гільз при косовалковому прошиванні показав, що основними заходами для зниження різностінності гільз є: профілювання передніх кінців гільз з одночасним їх зацентруванням, суворе дотримання технологічної осі лінії прошивного стану: співвісного розташування заготовки, оправки, гільзи і симетричного розташування в осередку деформації прокатного інструмента та інше.

3. Запропонована дільниця для підготовки заготовки до прошивання із модернізованою установкою профілювання переднього кінця заготовки, яка задається силовим гідроциліндром в конічну матрицю й одночасним зацентруванням переднього та заднього торців заготовки, відмінною особливістю якої є регулювання її за висотою в залежності від фактичного діаметра заготовки, що особливо актуально для безперервної заготовки круглого поперечного перетину, де коливання діаметра складає за технічними умовами $\pm 1,5$ %.

4. Виконано аналіз пропозиції Г.М. Кущинського з підготовки переднього кінця гільзи за допомогою планетарної обкатки обіймою з холостими валками з одночасним зацентруванням переднього торця заготовки за допомогою силового гідроциліндра.

5. Для підвищення надійності цього процесу запропоновано здійснювати підготовку переднього кінця заготовки послідовно на двох позиціях з поперечною передачею між ними, причому на першій позиції здійснюється профілювання переднього кінця заготовки, а на другій — зацентрування її торців при центруванні переднього кінця заготовки в конічній матриці.

6. Запропоновані процеси підготовки кінців заготовок до прошивання на косовалковому стані можуть бути рекомендовані для діаметрів заготовок від $\varnothing 120$ мм до $\varnothing 230$ мм на ТПА з автоматичним станом 140, безперервним станом 30—102 і трьохвалковим розкатним станом 200.

Список використаної літератури

1. Wusatowski Z. Fundamentals of Rolling. Pergamon Press Ltd. Katowice : «ŚLĄSK», 2012. 692 p.
2. Гуляев Г.И., Коба А.С., Миронов Ю.М. Совершенствование производства горячекатанных труб. Київ : Техніка, 1985. 136 с.
3. Друян В.М., Гуляев Ю.Г., Чукмасов С.А. Теория и технология трубного производства / под ред. В.М. Друяна. Днепропетровск : Днепр-ВАЛ, 2001. 544 с.
4. Romantsev B.A. New technology for pipe rolling on mini mills. *Steel Translation*. 2011. Issue 12, Vol. 41. P. 1019–1024. <https://doi.org/10.3103/S0967091211120126>.
5. Centering of continuous-cast billet prior to piercing at ОАО Severskii Trubnyi Zavod / A.V.Kuryatnikov, A.V.Korol', V.A. Toporov et al. *Steel Translation*. 2014. Issue 6, Vol. 44. P. 456–459. <https://doi.org/10.3103/S0967091214060102>.
6. Automatic billet center punching machine : Patents US3091139A United States Patent Office : IPC B21J9/04. № US20862A ; application 08.04.1980 ; publication 28.05.1983.
7. Steel billet end centering machine : Patents CN103624302A China : IPC B23C1/00, B23C7/00, B23C3/00. № CN2013/10628953.8A ; application 02.12.2013 ; publication 12.03.2014.
8. Plug, piercing-rolling mill, and method of producing seamless tube by using the same : Patents US8544306B2 United States Patent Office : IPC B21B25/00. № US2012/0210761A1 ; application 23.08.2012 ; publication 01.10.2013.
9. Пути уменьшения технологической обрезки на пилигримовом стане / С.Л. Стасевский, Ю.Д. Угрюмов и др. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2013. №43 (1016). С. 211–219. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/46252>.
10. Процеси підготовки заготовки до прошивання на косовалковому стані / С.В.Білодіденко, І.А.Мазур і ін. *Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії*. 2024. Вип. 38. С. 482-500. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-482-500>
11. Кущинский Г.Н. Исследование точности бесшовных труб и разработка мероприятий для ее повышения на косовалковых станах : дис. ... канд. техн. наук 05.03.05. / Днепропетровский металлургический институт, Днепропетровск, 1971. 195 с.

DEVELOPMENT OF PREPARATION PROCESSES OF BLANKETS FOR STITCHING ON A SLANTING ROLL MILL

Abstract

The issue of improving the production of sleeves on oblique-roll piercing mills of various pipe rolling units is relevant due to their impact on the quality of the resulting pipes and the productivity of the units, as well as due to the complexity of the piercing process itself. One of the important indicators of the quality of the sleeves obtained is the accuracy of their wall thickness, which, due to the peculiarities of the process, has an increased value at the front and rear ends, which leads to an increase in the cut of the pipe ends and an increase in the metal consumption coefficient. To improve the piercing process, a number of technical solutions have been proposed for preparing blanks for piercing both by centering their ends and profiling on the cone of the front end. In this case, such preparation can be carried out both separately and practically simultaneously. Previously, the process of preparing a sleeve was considered, when the profiling of its front end is carried out by pressing into a conical matrix using a power hydraulic cylinder, and the formation of a centering hole is carried out from the side of the front end of the workpiece using another power hydraulic cylinder. To preserve the axis of the matrix and the workpiece when changing its diameter, both in connection with a change in the assortment and fluctuations in the diameter within one standard size, it is proposed to change the position of the workpiece in height and the corresponding design of the installation. G.M. Kuschinsky proposed a method and device for preparing the front ends of the workpieces before stitching on a cross-rolling mill of a pipe rolling unit 200 with a three-roll rolling mill. A feature of this technology

is the planetary running-in of the front end of the workpiece and simultaneous (at one position) centering of the front end using a power hydraulic cylinder. Given the complexity of the equipment and, as a result, its low reliability, a method of preparing the front end of the workpiece sequentially at the first position with profiling of the front end by planetary running-in with a drive cage with idle rollers, followed by transverse transfer of the workpiece to the second position, where the front end is centered in a conical matrix with simultaneous centering of the rear and front ends of the workpiece, is considered. New technologies allow to increase the accuracy of pipes by reducing the final wall difference to 4–5%, which leads to a reduction in the cut of the front ends of pipes by 1.5–2.0 times. The proposed new technical solutions for preparing the ends of the workpieces before threading on a cross-rolling mill can be used on pipe rolling units with automatic, three-roll, rolling mill and others, which will allow to reduce the wall difference of the ends of sleeves and pipes, and reduce the metal consumption factor.

References

- [1] Wusatowski, Z. (2012). *Fundamentals of Rolling*. Pergamon Press Ltd Katowice : «ŚLĄSK».
- [2] Gulyaev, H.Y., Koba, A.S., & Mironov, Yu.M. (1985). *Sovershenstvovanie proizvodstva goryachekatannyh trub [Improving the production of hot rolled pipes.]*. Kyiv : Tekhnika. [In Russian].
- [3] Druyan, V.M., Gulyaev, Yu.G., & Chukmasov S.A. (2001). *Teoriya i tehnologiya trubnogo proizvodstva [Theory and technology of pipe production]*. V.M. Druyan (Ed.). Dnepropetrovsk : Dnepr-VAL. [In Russian].
- [4] Romantsev. B.A. (2011). New technology for pipe rolling on mini mills. *Steel Translation*, 41(12), 1019–1024. <https://doi.org/10.3103/S0967091211120126>.
- [5] Kuryatnikov, A.V., Korol', A.V., Toporov, V.A., Stepanov, A.I., & Panasenko, O.A. (2014). Centering of continuous-cast billet prior to piercing at OAO Severskii Trubnyi Zavod. *Steel Translation*, 44(6), 456–459. <https://doi.org/10.3103/S0967091214060102>.
- [6] Jackson, W.R. (1983). *Automatic billet center punching machine*. (Patents № US3091139A). United States Patent Office.
- [7] Zhang Zheng. (2014). *Steel billet end centering machine*. (Patents № CN103624302A). Nanjing Zhengliao Intellectual Property Agency Co., Ltd.
- [8] Higashida, Y., Hidaka, Y., Shimoda, K., & Yamakawa, T. (2013). *Plug, piercing-rolling mill, and method of producing seamless tube by using the same*. (Patents № US8544306B2). United States Patent Office.
- [9] Stasevskij, S.L., Ugryumov, Yu.D. Garmashov, D.Yu., & Ksyonz, A.A. (2013). Puti umensheniya tehnologicheskoy obrezi na pilgrimovom stane [Ways to reduce process waste at a pilgrim mill]. *Visnik Nacionalnogo tehnicnogo universitetu "HPI". Seriya: Novi rishennya v suchasnih tehnologiyah — Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New Solutions in Modern Technologies*, 43 (1016), 211–219. <http://vestnik2079-5459.khpi.edu.ua/article/view/46252>. [In Russian].
- [10] Bilodidenko, S.V., Mazur, I.A, Uhriumov, Yu.D., Dobriak, V.N., & Uhriumov, D. Yu. (2024). Protsesy pidhotovky zahotovky do proshyvannia na kosovalkovomu stani [Processes of preparing a workpiece for stitching on a cross-rolling mill]. *Fundamentalni ta prykladni problemy chornoj metalurhii — Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy*, 38, 482–500. <https://doi.org/10.52150/2522-9117-2024-38-482-500>. [in Ukrainian].
- [11] Kushinskij, G.N. (1971). Issledovanie tochnosti besshovnyh trub i razrabotka meropriyatij dlya ee povysheniya na kosovalkovykh stanah [Research into the accuracy of seamless pipes and development of measures to improve it on rolling mills]. *Candidate's thesis*. Dnepropetrovsk: DMetI. [In Russian].

Надійшла до редколегії 29.01.2026

Прийнята після рецензування 11.02.2026

Опублікована 26.03.2026