

В.Д. Добряк, Ю.Д. Угрюмов, С.Л. Стасєвський,

І.А. Мазур, Д.Ю. Угрюмов

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ КІНЦІВ ГІЛЬЗ ПЕРЕД ПІЛІГРИМОВОЮ ПРОКАТКОЮ

Анотація. Розглянуті питання підготовки передніх і задніх кінців гільз перед гарячою пілігримовою прокаткою. Підготовку передніх кінців гільз пропонується здійснювати шляхом їх редукувати холостими роликами без обтискання по товщині стінки. Для здійснення нової технології запропонована конструкція обкатного пристрою, яке відрізняється більш простою конструкцією, що знижує її металоємність і відповідно капітальні витрати. За допомогою метода ліній ковзання визначені зусилля, які діють на холості ролики обкатного пристрою. Розглянуті питання підготовки задніх кінців гільз і запропонована конструкція дорна для зниження зусилля при його заряджанні в гільзу з підготовленим переднім кінцем. Підготовка кінців гільз перед пілігримовою прокаткою забезпечує підвищення якості труб і продуктивності стана.

Ключові слова: пілігримовий стан, гільза, дорн, прошивний косовалковий стан, обкатний пристрій, холості ролики, метод ліній ковзання, підготовка передніх і задніх кінців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес гарячої пілігримової прокатки труб, запропонований в 1891 році братами Маннесманн, характеризується несталим періодом прокатки передніх кінців труб, що обумовлює збільшення тривалості прокатки і кінцевої обрізи. Це пов'язано з тим, що при пілігримовій прокатці особливо тонкостінних труб з витягуванням $9 \div 15$ має місце значна нерівномірність поперечної деформації труби в калібрі. Це посилюється відсутністю переднього жорсткого кінця на початку прокатки [1, 2].

Найбільш ефективним способом удосконалення затравочного режиму пілігримової прокатки є підготовка передніх кінців гільз [3, 4]. При цьому, внаслідок температурного фактора, довжина підготовленого переднього кінця гільзи не повинна перевищувати приблизно половину довжини розгортки бойка пілігримових валків. В 60 роки ХХ століття на кафедрі обробки металів тиском Дніпропетровського металургійного інституту були розпочаті дослідження нового процесу підготовки передніх кінців гільз на косовалковому прошивному стані. В результаті цих досліджень на пілігримових трубопрокатних агрегатах (ТПА) 5–12" і 6–12" Нижньодніпровського трубопрокатного заводу вперше в світі було встановлено обладнання для обкочування передніх кінців гільз на прошивному стані і стані-елонгаторі [5, 6]. Промислові дослідження підтвер-

дили ефективність цієї технології. Встановлене устаткування після декількох років роботи і неможливості в той час його модернізації було виведено з експлуатації.

Підготовка задніх кінців гільз перед прокаткою застосовується для полегшення зарядки дорна в гільзу, зменшення маси пілігримової головки та т.п.

Постановка задачі і мета дослідження. Необхідно запропонувати нову технологію підготовки передніх і задніх кінців гільз перед пілігримовою прокаткою, переважно товстостінних труб з $D/S = 6 - 12,5$ для забезпечення співвісності гільзи і дорна перед прокаткою і підвищенням тим самим точності труб за рахунок зниження різностінності та збільшення продуктивності стану за рахунок збільшення подачі.

Концепція нової технології підготовки передніх кінців гільз на косовалковому прошивному стані. Наведена в роботах [7, 8] технологія підготовки передніх кінців гільз передбачає їх профілювання обкаткою холостими роликми на вихідній стороні косовалкового прошивного стану. При цьому розміри підготовленого переднього кінця гільзи складають: довжина дорівнює половині довжини розгортки бойка пілігримових валків, що складає 250-300 мм (рис. 1, а).

Параметри підготовленого кінця гільзи на рис. 1, а пов'язані наступними співвідношеннями:

$$d_{\pi} = d_d; S_{\pi} = (0,4...0,6) \cdot S_r; d_r - d_{\pi} = \Delta,$$

де d_d – середній діаметр дорна; S_r – товщина стінки основної частини гільзи; d_r – внутрішній діаметр основної частини гільзи; Δ – величина зазору між гільзою і дорном.

Тоді

$$d_{\pi} = d_r - \Delta; D_{\pi} = D_r - \Delta D_r,$$

де D_{π} і D_r – відповідно зовнішні діаметри переднього кінця і основної частини гільзи; ΔD_r – величина обтискання гільзи по діаметру.

Форма утворюючої переднього кінця гільзи може бути як криволінійною 1, так і прямолінійною 2 (див. рис. 1, а). в другому випадку величина кута нахилу буде дорівнювати:

$$\alpha = \arctg \frac{D_r - D_{\pi}}{l_{\pi}},$$

де l_{π} – довжина підготовленого кінця.

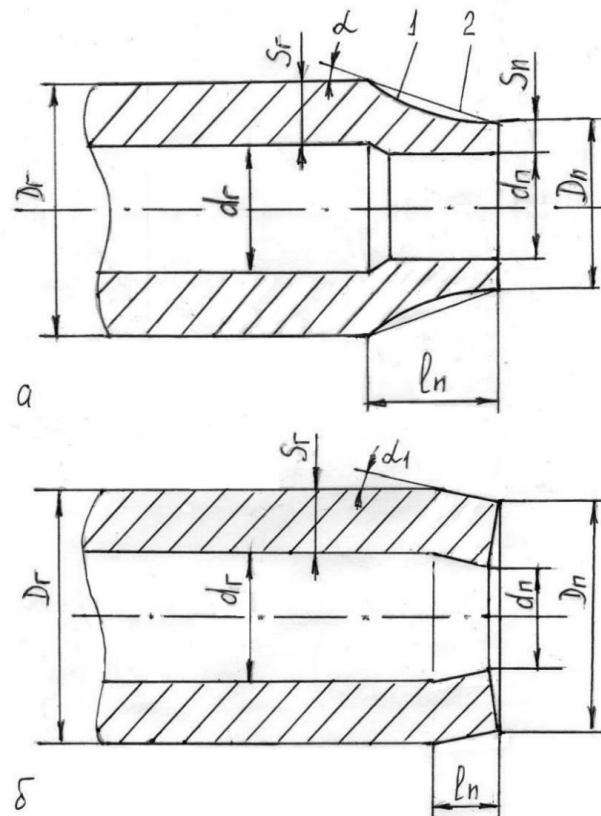


Рисунок 1 – Профілі підготовлених передніх кінців гільз по відомій (а) технології і технологія яка пропонується (б)

Недоліком відомої технології є наступне:

- параметри переднього кінця гільзи обумовлюють ріст опору руху гільзи в процесі прошивання, що збільшує скручування і стискання гільзи між двома зонами деформації;
- значні зусилля на холості ролики в процесі обкатки кінця гільзи ускладнюють конструкцію пристрою обкатки і збільшують його металоємності при зниженні надійності в роботі;
- необхідна наявність додаткової циліндричної оправки на стрижні для отримання стабільного розміру внутрішнього діаметра кінця гільзи, що в свою чергу ускладнює зняття гільзи зі стрижня;
- таке профілювання переднього кінця гільзи приводить до його суттєвого охолодження при передачі на пілігримовий стан.

На нашу думку нова технологія підготовки передніх кінців гільз позбавлена відмічених вище недоліків. В той же час ця технологія не дозволяє забезпечити максимально можливе поліпшення умов затравочного режиму з метою зменшення обрізі передніх кінців труб і зниження часу затравки. Задачею нової технології є забезпечення центрування переднього кінця гільзи на дорні перед прокаткою, що разом з центруванням заднього кінця гільзи забезпечить можливість підвищення точності труб за рахунок зниження їх різностінності.

Окрім того, необхідно враховувати, що на пілігримових станах все більше надається пріоритет товстостінним трубам, для яких цей процес є раціональним, а для таких труб з зменшенням витягування до $4 \div 8$ суттєво знижується проблема обрізі затравочного кінця.

Відповідно до нової технології форма підготовленого переднього кінця гільзи може мати вид, представлений на рис. 1, б. При деформації кінця гільзи холостими роликками відбувається його редукування з утворенням конічного профіля при незначному зменшенні товщини стінки. Параметри підготовленого кінця гільзи на рис. 1, б приймаються з наступних міркувань. Величина внутрішнього діаметра $d_{\text{п}} = d_{\text{г}} - \Delta = d_{\text{д}}$.

Приймаємо довжину підготовленого кінця $l_{\text{п}} = 80 \dots 100$ мм. Тоді кут нахилу утворюючої $\alpha_1 = \arctg \frac{D_{\text{г}} - D_{\text{п}}}{2 \cdot l_{\text{п}}}$ або практично $\alpha_1 = 6 \dots 8^\circ$. $D_{\text{п}} = D_{\text{г}} + 2 \cdot l_{\text{п}} \cdot \tg \alpha_1$.

Розглянемо особливості процесу прошивання на косовалковому стані з одночасною обкаткою переднього кінця гільзи.

Обкатний пристрій встановлюється в робочій лінії прошивного стану на його вихідній стороні (рис. 2) на відстані яка не перевищує величину A , що визначається за формулою В.В. Перчаніка:

$$A = L_3 \cdot \mu_{\Sigma} - L_{\text{од}} \cdot \mu_{\text{ср}} - l, \quad (1)$$

де L_3 – мінімальна довжина заготовки, в мм; $L_{\text{од}}$ – максимальна довжина осередка деформації прошивного стану (елонгатора), в мм; l – довжина осередка деформації при обкатці переднього кінця гільзи, в мм; μ_{Σ} – сумарне витягування на прошивному стані (елонгаторі); $\mu_{\text{ср}}$ – середнє витягування в осередку деформації прошивного стану (елонгатора), яке визначається з вираження:

$$\mu_{\text{ср}} = 0,5 \cdot (\mu_o + \mu_{\Sigma}).$$

Тут μ_{Σ} – коефіцієнт витягування на початку осередка деформації.

При заданій відстані A , яка визначається конкретним положенням обкатного пристрою можна визначити мінімальну довжину заготовки L_3 :

$$L_3 \geq \frac{1}{\mu_{\Sigma}} \cdot (A + L_{\text{од}} \cdot \mu_{\text{ср}} + l). \quad (2)$$

Таке розташування обкатного пристрою відносно кліті прошивного стану забезпечує проведення процесу обкатки при заповненому на 100% осередку деформації прошивного стану.

Для заготовки довжиною $L_3 = 1500$ мм, $\mu_{\Sigma} = 2,0$, $\mu_o = 1,0$, $L_{\text{од}} = 720$ мм і $l = 160$ мм величина $A = 1760$ мм ≈ 1800 мм.

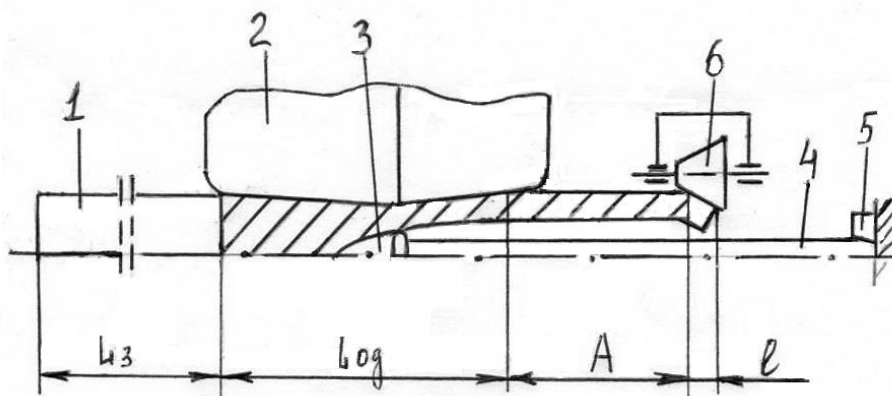


Рисунок 2 – До визначення відстані A між осередком деформації прошивного стану (елонгатора) і обкатного пристрою:

- 1 – вихідна заготовка; 2 – робочий валок прошивного стану;
3 – оправка прошивного стану; 4 – стрижень оправки;
5 – упорно-регулюючий механізм; 6 – холостий валок обкатного пристрою

Окрім того, додатковими вимогами є:

- горизонтальна вісь осередка деформації обкатки повинна співпадати з віссю прошивки;
- холості ролики обкатного пристрою можуть бути встановлені на кути подачі і розкочування;
- обкатка переднього кінця гільзи відбувається без оправки на стрижні, но може проводитися і на оправці для стабілізації внутрішнього діаметра підготовленого кінця гільзи;
- холості ролики обкатного пристрою після процесу обкатки повинні бути гарантовано розведені на відстань, яка забезпечує вільний прохід гільзи для запобігання аварійних ситуацій. Загальний хід холостих валків в обидві сторони повинен забезпечувати налаштування калібру для всього сортаменту гільз, що може бути досягнуто при його величині не менше 100 мм;
- привод для переміщення холостих валків і утворення робочого калібру повинен забезпечувати швидке і точне встановлення розмірів робочого калібру і їх збереження в процесі обкатки переднього кінця гільз;
- необхідно компенсувати биття переднього кінця гільзи при його виході з валків прошивного стану шляхом встановлення центрувача стрижня оправки і гільзи між прошивним станом і обкатним пристроєм;
- пристрій для обкатки повинен забезпечувати вільний доступ до кліті прошивного стану для обслуговування в процесі експлуатації, можливості для швидкого проведення перевалок валків прошивного стану;
- конструкція обкатного пристрою повинна забезпечувати простоту і зручність складання і встановлення його в лінії прошивного стану.

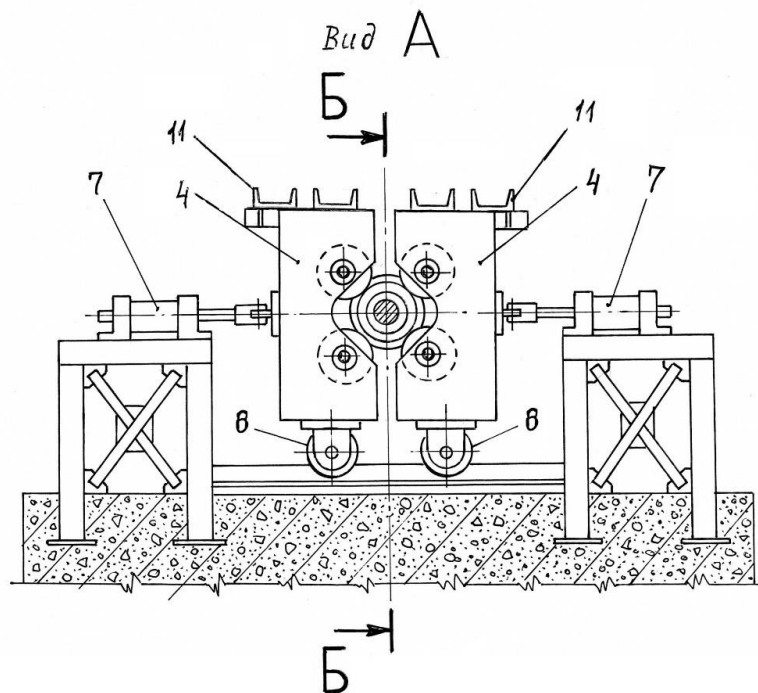


Рисунок 4 – Обкатний пристрій (вид за стрілкою на рис. 3)

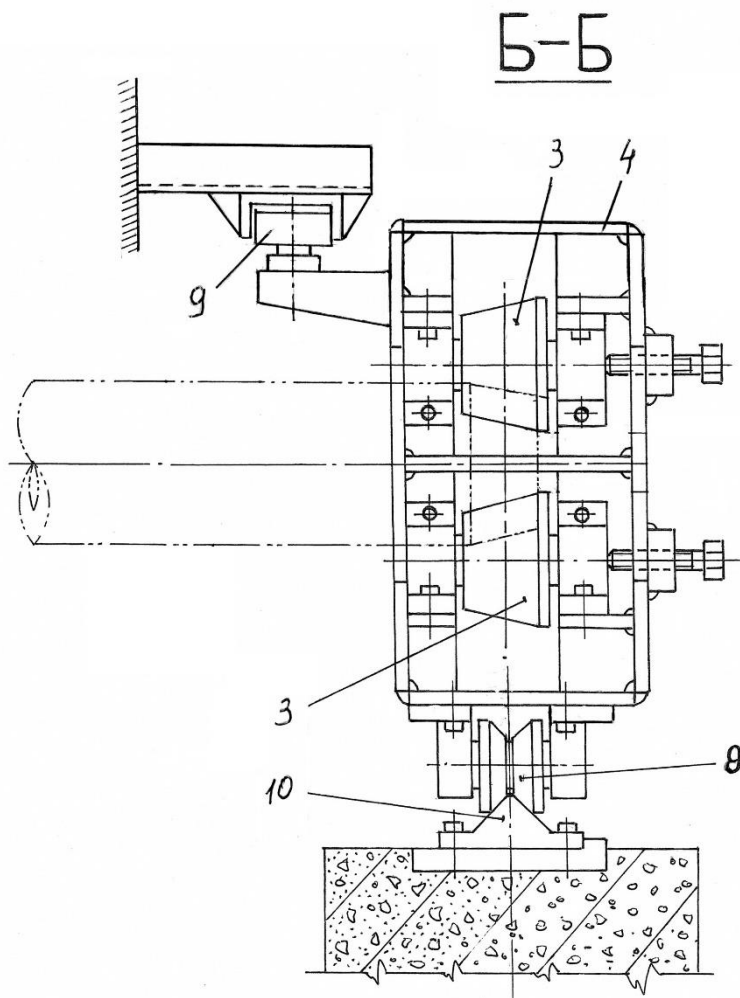


Рисунок 5 – Обкатний пристрій (розріз Б-Б на рис. 4)

Підготовка передніх кінців гільзи на прошивному стані в процесі прошивання (елонгування) здійснюється наступним чином.

Перед початком прошивки заготовки налаштовують робочі валки 2 на заданий розмір гільзи, обертанням барабанів встановлюють необхідний кут подачі робочих валків. Напрямні лінійки (для двохвалкового стану) і оправку 6 встановлюють в необхідне положення.

В вихідному положенні перед початком прокатки заготовки в гільзу напіврами 4 за рахунок втягнутих робочих штоків гідроциліндрів 7 відведені від осі прокатки на таку відстань, при якій попередня гільза вільно проходить між холостими роликками 3. Як тільки вмикається в роботу втягувач (на рис. 3 – рис. 5 не показаний) заготовки в стан, надходить сигнал на висування робочих штоків гідроциліндрів 7. Напіврами 4 починають синхронно зближуватися між собою до тих пір, поки між холостими роликками 3 на двох напіврамах не встановиться розрахункова відстань для підготовки переднього кінця гільзи, яка прокатується на стані. Команду на зупинку напіврам 4 подає або фотодатчик, або програма керування гідроциліндрами 7. Досягнувши заданої величини ходу робочих штоків гідроциліндрів 7, останні переходять у запертий стан, при якому відбувається редукування переднього кінця гільзи.

Заготовка, просувуючись вздовж осередка деформації прошивного стану (елонгатора), прошивається в гільзу. Передній кінець гільзи, здійснюючи обертальний і поступальний рух входить в зону осередка деформації обкатного пристрою, утвореного холостими роликками 3. Входячи в контакт з роликками 3 кінцевої форми, кінець гільзи починає деформуватися зі зменшенням його зовнішнього діаметра на заданій довжині (100 – 200 мм). Має місце процес редукування кінця гільзи без обтискання по стінці, що обумовлено відсутністю на стрижні циліндричної оправки. При цьому поступальний рух гільзи, яка прокатується, не припиняється, а опір цьому руху зі сторони роликків 3 збільшується. Для отримання заданої довжини підготовленого кінця гільзи сигнал на розведення напіврам 4 надходить або від датчиків тиску в порожнинах гідроциліндрів, або від датчиків переміщення напіврам 4. Швидкість розведення напіврам 4 вище швидкості їх зближення.

Підчас підготовки переднього кінця гільзи на роликки 3 зі сторони останнього діють дві сили: одна сила спрямована вздовж осі прокатки і прагне зсунути напіврами 4 в сторону упорно-регульовочного механізму; друга сила – радіальна, спрямована перпендикулярно першій в сторону гідроциліндрів 7. Осьова сила сприймається в двох точках напіврами: знизу в контакті профільованого опорного ролика 8 з напрямною балкою, яка закріплена на фундаменті; зверху – в контакті підтримуючого ролика 9 з напрямним швелером 11, який передає навантаження на станину 1 прошивного стану.

Після виконання операції підготовки переднього кінця гільзи заданої довжини напіврами 4 швидко відходять від гільзи за рахунок перемикавання гідроциліндрів 7 на втягування робочих штоків, і гільза вільно переміщується в напрямку упорно-регульовочного механізму. По закінченню прокатки гільза зі стрижнем 5 опускається за допомогою двох шибєрів на приймальний рольганг, а роликки приймального рольганга, які обертаються, стягують гільзу зі стрижня, який утримується від руху разом з гільзою

шибером у кліті стана. На рис. 3 – рис. 5 приймальний рольганг і шибер не показані. Гільза направляється на пілігримовий стан, а стрижень 5 за допомогою двох шиберів і упорно-регульовочного механізму встановлюється в робоче положення, тобто підіймається до осі прокатки. Таким чином, прошивна оправка встановлюється в зоні деформації прошивного стана. При заміні стрижня, при обслуговуванні механізмів вихідної сторони стана напіврами 4 розводяться, утворюючи вільний простір для обслуговування обладнання стана і обкатного пристрою.

Запропонована конструкція прошивного стана з обкатним пристроєм для підготовки передніх кінців гільз дозволяє:

- зменшити втрати тепла кінцевої ділянки гільзи при її передачі до пілігримового стана;
- знизити енергосилові параметри обкатки передніх кінців гільз холостими роликками за рахунок зменшення ступеня деформування;
- спростити конструкцію обкатного пристрою і знизити його металоємність;
- поліпшити обслуговування обладнання за рахунок забезпечення доступу персоналу для проведення налаштування і ремонтних робіт.

Для розробки технічного проєкта запропонованого обкатного пристрою необхідно визначити енергосилові параметри при обтисканні кінців гільз, що дозволить виконати розрахунки обладнання обкатного пристрою на міцність і вибрати потужність гідроциліндрів переміщення напіврам з холостими роликками.

Визначення енергосилових параметрів підготовки передніх кінців гільз. В роботі [9] розглянутий процес загострення передніх кінців гарячих гільз, що виходять зі стана-елонгатора перед подачею їх в пілігримовий стан. Чотири холостих конічних ролика попарно встановлені в рухомих касетах з двох сторін. Кожному типорозміру гільз, що прокатуються, відповідає визначене положення касет з роликками з таким розрахунком, щоб від початку дотику торця гільзи з роликками до формування конуса на кінці гільзи, це положення було стабільним. В момент закінчення загострення касети з роликками відходять від гільзи і тим самим забезпечують її вільний рух.

Так як ролики, що деформують, неприводні, то робота деформації кінця гільзи відбувається за рахунок резерву сил тертя в осередку деформації стана-елонгатора або прошивного стана. В роботі [9] надання конічної форми зовнішній поверхні кінця гільзи відбувається практично без зміни її внутрішнього діаметра за рахунок циліндричного потовщення на дорнштангі, яке відіграє роль оправки. При цьому конічна зовнішня поверхня гільзи забезпечується стоншенням стінки кінця гільзи холостими роликками.

При переході до нової технології підготовки гільз шляхом редукування їх передніх кінців роликками обкатного пристрою без обтискання по стінці представляє інтерес оцінка енергосилових параметрів, а саме тиск метала на холості ролики.

Здійснити підготовку передніх кінців гільз на прошивному косовалковому стані або стані-елонгаторі пропонується шляхом редукування переднього кінця гільзи в калібрі, утвореному холостими роликками. Таке підготування передніх кінців гільз пропону-

ється проводити в обкатному пристрої, розташованому на вихідній стороні двохвалкового або трехвалкового стана гвинтової прокатки.

Для цього розглянемо плоску задачу деформування кінця гільзи методом Джонсона [10]. На рис. 6 показана схема ліній ковзання в стінці гільзи на ділянці довжиною $L = 150$ мм в момент закінчення загострення.

Тут v_{bx} – поступальна швидкість гільзи, з якою вона виходить з прошивного стану або стана-елонгатора, $v_{вих}$ – швидкість торця гільзи в напрямку її осі, яка перевищує швидкість v_{bx} на вході в осередок деформування за рахунок витягування вздовж осі.

Годограф швидкостей будується наступним образом. Із полюса 0 відкладаємо в довільному масштабі швидкість v_{bx} на вході в осередок деформування $v_{bx} = OP$. В трикутнику ABV швидкість v_{bx} має два компоненти: OQ вздовж лінії AD і PQ вздовж лінії AB . Швидкість OQ у лінії VD також має два компоненти: QR вздовж лінії VD і $OR = v_{вих}$ –

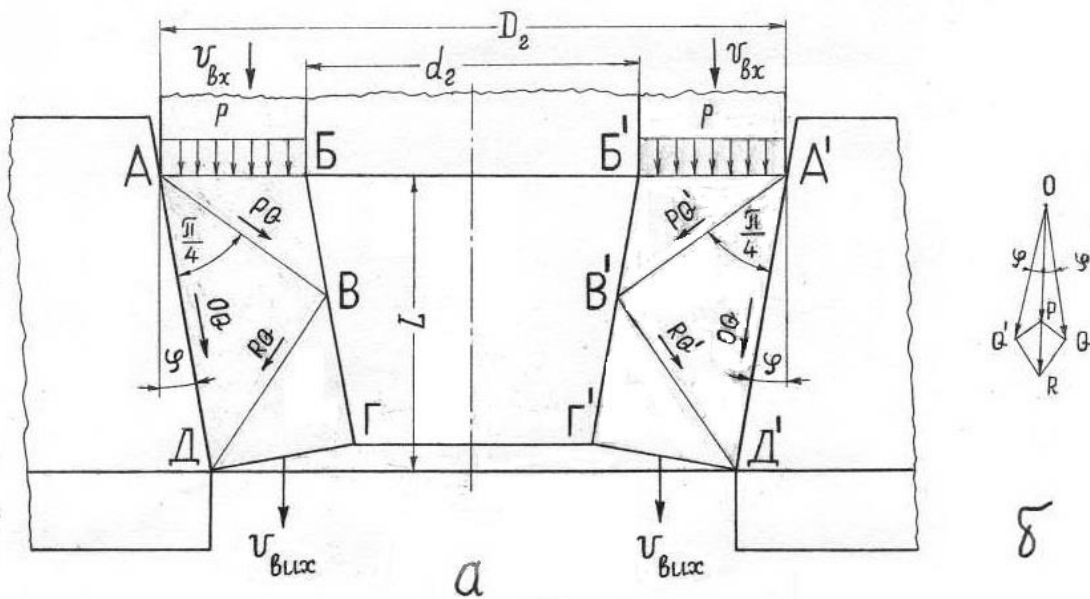


Рисунок 6 – Поле ліній ковзання по методу Джонсона (а) і годограф швидкостей (б)

швидкість виходу. Аналогічно будується годограф з лівої сторони від лінії OR .

Верхньомежове питоме навантаження p для кожного з чотирьох осередків деформування розрахуємо відповідно рівняння [10, с. 218]:

$$p \cdot AB = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \int_S \sigma_s \cdot \frac{v_{ск}}{v_{bx}} \cdot ds = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s \cdot \left(AB \cdot \frac{PQ}{v_{bx}} + BD \cdot \frac{QR}{v_{bx}} \right),$$

де $v_{ск}$ – швидкість розриву вздовж ліній S розриву швидкостей із годографа; σ_s – межа текучості матеріала гільзи.

Звідкіля отримаємо

$$p = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{AB}{AB} \cdot \frac{PQ}{v_{bx}} + \frac{BD}{AB} \cdot \frac{QR}{v_{bx}} \right). \quad (3)$$

Таким чином, щоб по формулі (3) розрахувати питоме навантаження p опору руху гільзи в момент закінчення загострення, потрібно виміряти довжину ліній AB , AB , BD і довжину ліній $OP(v_{bx})$, PQ , QR на годографі (рис. 6).

Оцінку питомого навантаження p виконаємо для двох типорозмірів гільз, що прокатуються на пілігримовому стані 5–12", а саме: для найменшої гільзи $D \times S = 320 \times 75$ мм, яка призначена для прокатки труби $\varnothing 168$ мм, і для найбільшої гільзи $D \times S = 505 \times 70$ мм, яка призначена для прокатки труби $\varnothing 377$ мм.

З побудованих осередків деформування і годографів швидкостей для цих двох гільз в одному масштабі отримані наступні значення геометричних величин, які входять до складу формули (3):

- для гільзи $\varnothing 320/170$: $AB = 52$ мм; $AB = 37,5$ мм; $BD = 53$ мм; $OP = 30$ мм; $PQ = 8$ мм; $QR = 11,5$ мм;
- для гільзи $\varnothing 505/365$: $AB = 50$ мм; $AB = 35$ мм; $BD = 54$ мм; $OP = 30$ мм; $PQ = 7,5$ мм; $QR = 11,5$ мм.

Розрахунки питомого навантаження p по формулі (3) дає:

- для найменшої гільзи – $p = 1,05 \cdot \sigma_s$, що на $\frac{1,14 - 1,05}{1,14} = 7,9\%$ менше, ніж в роботі [9];

- для найбільшої гільзи – $p = 1,095 \cdot \sigma_s$, що на $\frac{1,2 - 1,095}{1,2} = 8,7\%$ менше, ніж в роботі [9].

На підставі питомого навантаження p в роботі [9] визначені зусилля, які діють зі сторони гільзи на ролики і на дорнштангу, а також сумарне зусилля опору поступальному руху гільзи.

Виконуючі порівняння між розглянутим в даній роботі процесом загострення кінця гільзи без оправки з процесом загострення на оправці, який розглянуто в роботі [9], можна відмітити наступне:

- ступінь деформації металу гільзи в процесі загострення без оправки завідома менше, ніж в процесі з оправкою, оскільки відсутнє зменшення товщини стінки гільзи;
- швидкість деформації без оправки завідома менша, так як при одній і тій же самій довжині загострення L витягування металу менше, чим з оправкою;
- площа контакту між роликами, які деформують, і гільзою в процесі загострення без оправки, щонайменше, не може бути більшою, чим площа контакту в процесі з оправкою, що витікає з умови зменшення питомого навантаження p .

Таким чином, можна вважати, що в процесі загострення кінця гарячої гільзи холостими конічними роликами без оправки не менше, аніж на 8-9% знижуються сили, які діють зі сторони гільзи на ролики і сумарна сила опору поступальному руху гільзи в порівнянні з процесом загострення на оправці.

Підготовка задніх кінців гільз. Підготовка задніх кінців гільз перед пілігримовою прокаткою використовується для рішення двох основних задач: перша полягає в забезпеченні умов заряджання дорна в гільзу і зменшення тим самим середнього значення величини зазору між гільзою і дорном до оптимальної величини $10 \div 12$ мм, друга – в зменшенні маси пілігримової головки, яка видаляється в обрізь тим самим збільшуючи витратний коефіцієнт метала.

При прокатці гільз на стані елонгаторі (двохвалковому з напрямними лінійками) ТПА 5–12" має місце зменшення зовнішнього і внутрішнього діаметрів заднього кінця гільзи на довжині $l_2 \approx 100 \div 120$ мм (рис. 7, а). при цьому зменшення внутрішнього діаметра на задньому торці гільзи складає $8 \div 12$ мм, що приводить до необхідності збільшувати зазор Δ між дорном і гільзою в основній її частині до 20 мм і більше. Таке збільшення зазору Δ негативно впливає на умови пілігримової прокатки особливо тонкостінних труб, знижуючи їх точність і зменшуючи продуктивність. На деяких пілігримових агрегатах для усунення цієї проблеми розвертають гільзу після прошивання на 180° . В цьому випадку необхідно здійснювати прошивку гільз за новою технологією (рис. 7, б) розробленою Б.І. Тартаковським, яка забезпечує стоншення заднього кінця гільзи зі сторони внутрішнього діаметра за рахунок переміщення оправки в напрямку протилежному напрямку прошивання [11]. При заданій величині стоншення заднього кінця гільзи на торці визначається довжина перехідної конічної ділянки l_3 .

На рис. 7, в наведено форма заднього кінця гільзи зі зменшеним зовнішнім діаметром на довжині l_1 рівній довжині пілігримової головки, за рахунок зведення валків при закінченні процесу прошивання.

Розглянемо варіант центрування заднього кінця гільзи на дорні перед пілігримовою прокаткою (рис. 8, а), при якому середній внутрішній діаметр гільзи по всій довжині дорівнює d_T , середній діаметр робочої частини дорна дорівнює d_d і відповідно зазор Δ між гільзою і дорном в цьому випадку складе $\Delta = d_T - d_d$.

Дорн 3 має конічний поясок 4, який примикає до головки дорна. Як впливає з рис. 8, а для центрування заднього кінця гільзи 2 відносно дорна, який має конічний поясок 4 є в ідеальному випадку рівність $d_T = d_k$. ця умова є необхідною для прийнятої схеми, но недостатньою в зв'язку з відхиленнями значень d_T по її довжині, які мають місце, і особливо на задньому кінці.

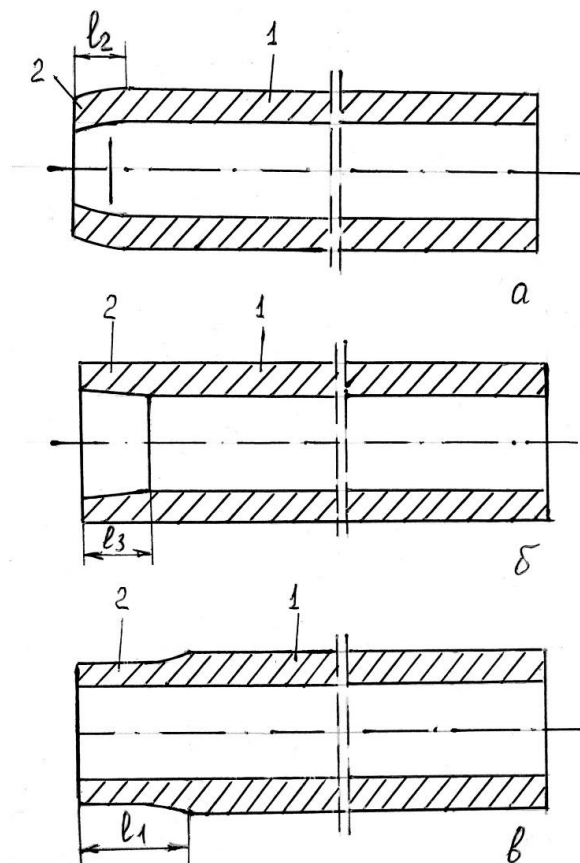


Рисунок 7 – Гільза з різною формою задніх кінців:
1 – основна частина; 2 – задній кінець

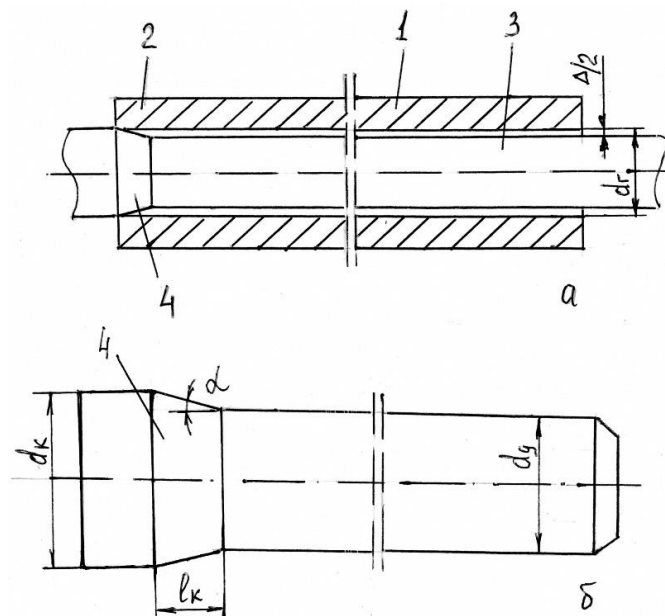


Рисунок 8 – Центрування заднього кінця гільзи на дорні (а)
та дорн з конічним пояском (б)

1 – гільза; 2 – задній кінець гільзи; 3 – дорн; 4 – конічний пояс дорна

При умові $d_r = d_k$ параметри конічного пояса 4 (рис. 8, б) визначаються наступним чином. Приймаємо довжину пояса $l_k = l_n$, де l_n – довжина недоката пільгер-головки ($l_n \cong 50$ мм). При величині зазору $\Delta = d_r - d_d = 20$ мм, значення $d_k = d_d + \Delta$, а величина кута $\alpha = \arctg \frac{\Delta}{2 \cdot l_k}$. В цьому випадку $\alpha = 12,5^\circ$. Для гарантування центрування заднього кінця гільзи на дорні необхідно забезпечити натяг між ними шляхом роздачі в процесі заряджання дорна в гільзу на величину d_p . Тоді значення кута α визначимо з вираження $\alpha = \arctg \frac{\Delta + d_p}{2 \cdot l_k}$. При $d_p = 10$ мм, значення кута складе $\alpha = 18,5^\circ$. Конкретна величина d_p визначається дослідним шляхом з врахуванням можливостей гідроциліндра заряджання.

Підготовка переднього і заднього кінця гільзи на дорні перед пілігримовою прокаткою забезпечує їх співвісність, що знижує різностінність труб і підвищує продуктивність стана (рис. 9).

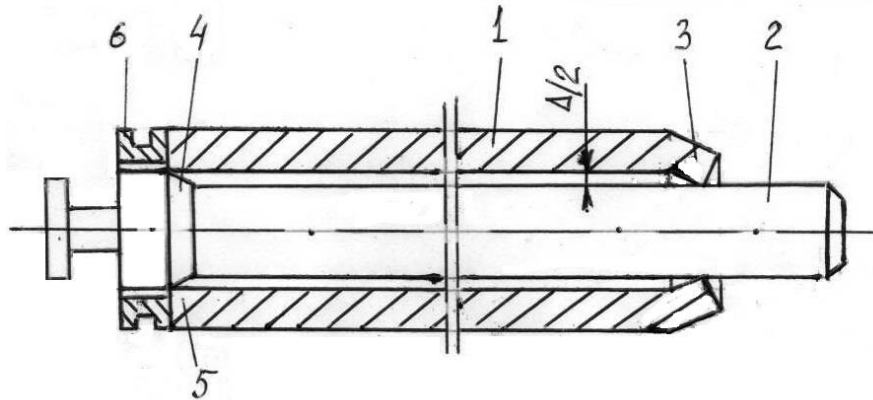


Рисунок 9 – Рациональне положення гільзи на дорні перед пілігримовою прокаткою:

- 1 – основна частина гільзи; 2 – дорн; 3 – передній кінець гільзи;
4 – конічний пояс дорна; 5 – задній кінець гільзи; 6 – дорнове кільце

Для полегшення заряджання гільзи дорном на ділянці підготовленого переднього кінця запропонована змінена конструкція переднього кінця дорна, яка наведена на рис. 10.

Відмінною особливістю дорна є: наявність циліндричної напрямної ділянки 2 і конічної ділянки 3, на якому здійснюється роздавання внутрішнього підготовленого переднього кінця гільзи. Діаметр d_1 дещо менший діаметра d_n (на рис. 1, б) для практично вільного руху переднього кінця дорна в гільзі. Довжина цієї ділянки 1 визначається з конструктивних міркувань. Ділянка 3 має параметри l_k і кут φ . Якщо величина l_k визначається з конструктивних міркувань, то кут конусності визначається

$\varphi = \arctg \frac{d_d - d_1}{2 \cdot l_k}$. Вибір кута φ здійснюється експериментально. При цьому зменшення кута φ сприяє зниженню осьового зусилля введення дорна в підготовлений передній кінець гільзи.

Схема заряджання дорна в гільзу приведена на рис. 11.

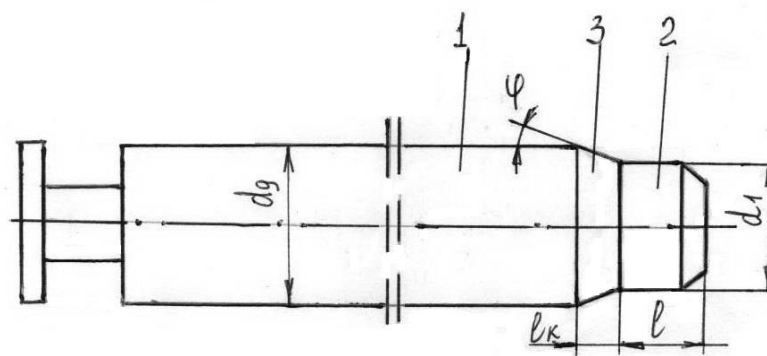


Рисунок 10 – Дорн зі спеціальною формою переднього кінця:

1 – основна частина дорна; 2 – циліндрична ділянка; 3 – конічна ділянка

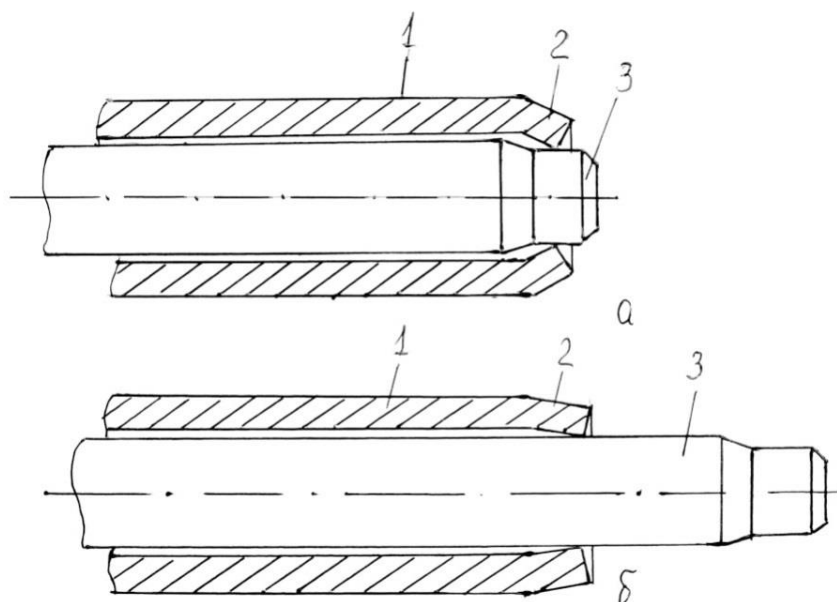


Рисунок 11 – Схема заряджання дорна в гільзу з підготовленим переднім кінцем, де а и б початок та кінець заряджання:

1 – гільза; 2 – передній кінець гільзи; 3 - дорн

Висновки:

1. Запропонована нова технологія підготовки передніх кінців гільз перед пілігровою прокаткою, відмінною особливістю якої є редукування переднього кінця гільзи холостими роликми обкатного пристрою, який розташований на вихідній стороні косовалкового прошивного стана.

2. Нова технологія забезпечує центрування переднього кінця гільзи на дорні, що є найбільш раціональним при прокатці товстостінних труб з $D/S = 6 - 12,5$ і $D/S < 6$.

3. Запропоновано концепцію обкатного пристрою, котра відрізняється більш простою конструкцією і матеріалоемністю, що знижує капітальні витрати.

4. За допомогою метода ліній ковзання визначені зусилля на холості ролики обкатного пристрою в процесі редукування переднього кінця гільзи.

5. Розглянуті питання підготовки задніх кінців гільз для полегшення заряджання в них дорна, для чого може бути використана технологія, котра передбачає стоншення заднього кінця гільзи при прошиванні.

6. Запропоновано центрування заднього кінця гільзи на дорні з конічним пояском, який примикає до головки дорна, що здійснюється при введенні дорна в гільзу за допомогою гідроциліндра на ділянці позастанового заряджання.

7. Здійснення підготовки переднього і заднього кінців гільзи забезпечить її центрування на дорні перед прокаткою, що дозволить підвищити точність труб за рахунок зниження поперечної різностінності і збільшити продуктивність стана за рахунок збільшення подачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Особенности затравочного режима горячей пилигримовой прокатки труб и пути его совершенствования / В.Ф. Балакин, Д.Ю. Угрюмов, О.В. Потемкин и др. *Черная металлургия : Бюллетень НТИ «Черметинформация»*. 2011. Вып. 11. С. 53-65.
2. Совершенствование неустановившегося – заправочного режима горячей пилигримовой прокатки труб / Ю.Д. Угрюмов, А.В. Губинский, Д.Ю. Угрюмов и др. *Сучасні проблеми металургії*. 2005. № 8. С. 477-481.
3. 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.
4. Балакин В.Ф., Угрюмов Ю.Д., Угрюмов Д.Ю. Методы подготовки передних концов гильз перед прокаткой труб. *Теория и практика металлургии*. 2012. №1-2. С 16-25.
5. Расширение сортамента и повышение технического уровня труб в цехе с пилигримовой установкой 6–14" / В.Ф. Балакин, О.В. Потемкин, Ю.Д. Угрюмов и др. *Теория и практика металлургии*. 2009. №1-2. С 63-74.
6. Металлосберегающие технологии горячей прокатки труб / Ю.С. Кривченко, В.Ф. Балакин, Ю.Д. Угрюмов и др. *Сталь*. 2010. №4. С. 67-72.
7. Совершенствование процессов горячей прокатки труб / В.Ф. Балакин, Ю.С. Кривченко, В.В. Перчаник и др. *Сталь*. 2006. №9. С. 73-79.
8. Проектирование новых технологических процессов подготовки передних концов гильз к пилигримовой прокатке / С.Л. Стасевский, В.Ф. Балакин, Ю.Д. Угрюмов и др. *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2018. №2. С. 45-51.
9. Определение энергосиловых параметров в процессе обкатки передних концов гильз холостыми роликами на прошивном стане / В.Ф. Балакин, В.Д. Добряк, Д.Ю. Угрюмов

и др. *Черная металлургия : Бюллетень НТИ «Черметинформация»*. 2012. Вып. 9. С. 42-50.

10. Томсен Э., Янг Ч., Кабаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металлов / пер. с англ. под ред. Е.П. Унксова. М.: Машиностроение, 1969. 504. С.

11. Тартаковский Б.И. Геометрические, кинематические и силовые параметры переходного процесса при перемещении оправки в прошивном стане. *Производство проката*. 2010. № 12. С. 28-36.

REFERENCES

1. Osobennosti zatravochnogo rezhima goryachej piligrimovoj prokatki trub i puti ego sovershenstvovaniya / V.F. Balakin, D.YU. Ugryumov, O.V. Potemkin i dr. *Chernaya metallurgiya : Byulleten' NTI «Chermetinformaciya»*. 2011. Vyp. 11. S. 53-65.
2. Sovershenstvovanie neustanovivshegosya – zapravochnogo rezhima goryachej piligrimovoj prokatki trub / Yu.D. Ugryumov, A.V. Gubinskij, D.Yu. Ugryumov i dr. *Suchasni problemi metalurgii*. 2005. № 8. S. 477-481.
3. Puti umen'sheniya tekhnologicheskoy obrezi na piligrimovom stane / S.L. Stasevskij, Yu.D. Ugryumov i dr. *Visnik Nacional'nogo tekhnichnogo universitetu "HPI". Seriya: Novi rishennya v suchasni tekhnologiyah*. 2013. №43 (1016). S. 211-219.
4. Balakin V.F., Ugryumov Yu.D., Ugryumov D.Yu. Metody podgotovki perednih koncov gil'z pered prokatkoj trub. *Teoriya i praktika metallurgii*. 2012. №1-2. S 16-25.
5. Rasshirenie sortamenta i povyshenie tekhnicheskogo urovnya trub v cekhe s piligrimovoj ustanovkoj 6–14" / V.F. Balakin, O.V. Potemkin, Yu.D. Ugryumov i dr. *Teoriya i praktika metallurgii*. 2009. №1-2. S 63-74.
6. Metallosberegayushchie tekhnologii goryachej prokatki trub / Yu.S. Krivchenko, V.F. Balakin, Yu.D. Ugryumov i dr. *Stal'*. 2010. №4. S. 67-72.
7. Sovershenstvovanie processov goryachej prokatki trub / V.F. Balakin, Yu.S. Krivchenko, V.V. Perchanik i dr. *Stal'*. 2006. №9. S. 73-79.
8. Proektirovanie novyh tekhnologicheskikh processov podgotovki perednih koncov gil'z k piligrimovoj prokatke / S.L. Stasevskij, V.F. Balakin, Yu.D. Ugryumov i dr. *Metallurgicheskaya i gornorudnaya promyshlennost'*. 2018. №2. S. 45-51.
9. Opredelenie energosilovykh parametrov v processe obkatki perednih koncov gil'z holostymi rolíkami na proshivnom stane / V.F. Balakin, V.D. Dobryak, D.Yu. Ugryumov i dr. *Chernaya metallurgiya : Byulleten' NTI «Chermetinformaciya»*. 2012. Vyp. 9. S. 42-50.
10. Tomsen E., Yang Ch., Kabayashi Sh. Mekhanika plasticheskikh deformacij pri obrabotke metallov / per. s angl. pod red. E.P. Unksova. M.: Mashinostroenie, 1969. 504. S.
11. Tartakovskij B.I. Geometricheskie, kinematicheskie i silovye parametry perekhodnogo processa pri peremeshchenii opravki v proshivnom stane. *Proizvodstvo prokata*. 2010. № 12. S. 28-36.

Received 05.05.2025.
Accepted 07.05.2025.

Technology of preparation of sleeve ends before pilgrims rolling

The paper considers the issues of improvement of hot pilgrim rolling of pipes by means of preparation of front and rear ends of sleeves. The presence of a gap between the sleeve and mandrel increases transverse variance and reduces pipe accuracy during pilgrim rolling. In the present article the issues of preparation of the front and rear ends of the sleeves to ensure the alignment of the sleeve and mandrel in the process of Pilgrim rolling are comprehensively considered. The preparation of the front ends of the sleeves is proposed to be carried out on a slant-rolling piercing mill by idle rollers of the swaging device located on the output side of the piercing mill. In the work a new technology of preparation of front ends of sleeves providing their reduction by idle rollers without compression along the thickness of the sleeve wall is proposed. The concept of a running-in device characterised by lower metal intensity and, accordingly, capital expenditures is proposed. By means of the sliding line method the forces acting on the idle rollers during reduction of the front ends of the sleeves are determined. The questions of preparation of back ends of sleeves before pilgrim rolling of pipes are considered. The back end of the sleeve after piercing has reduced outer and inner diameters, which makes it difficult to charge the mandrel into the sleeve, increasing the gap between them, which adversely affects the deformation of metal by rolls during pilgrim rolling, increasing the differentiability of pipes. To facilitate loading of the mandrel into the sleeve, the piercing technology is used with the mandrel moving in the direction opposite to the sleeve movement when the rear end of the workpiece approaches the rolls. As a result, it is possible to provide thinning of the sleeve wall in the direction towards its rear end with an increase in the internal diameter at the rear end, which facilitates the conditions of mandrel loading into the sleeve. Thinning of the wall of the rear end of the sleeve due to the convergence of the rolls of the piercing mill can reduce the volume and mass of the separated pilgrim head. To facilitate the loading of the mandrel into the sleeve with the prepared front end at the out-of-station charging section of the piercing mill, the calibration of the front end of the mandrel with a cylindrical shape is proposed, while ensuring the minimum tension between the front end of the sleeve and the mandrel for centring between them. The proposed technology of centring the rear end of the sleeve on the mandrel, which provides for the presence of a conical belt adjacent to the head of the mandrel. The parameters of the conical belt of the mandrel are determined taking into account the gap between the mandrel and the sleeve with its constant value along the length of the sleeve. Charging of the mandrel with a new calibration of the front end and a conical belt adjacent to the head with the help of a hydraulic cylinder of the priming press at the section of off-stage charging ensures centring of the front and rear ends of the sleeve on the mandrel.

Keywords: pilgrim mill, sleeve, mandrel, piercing cross-roll mill, rolling device, idle rollers, sliding line method, preparation of the front and rear ends.

Добряк Володимир Дмитрович - кандидат технічних наук, провідний інженер, Український інститут по проектуванню металургійних заводів.

Угрюмов Юрій Дмитрович - кандидат технічних наук, провідний інженер, Український інститут по проектуванню металургійних заводів.

Стасевський Станіслав Леонідович - кандидат технічних наук, директор, Український інститут по проектуванню металургійних заводів.

Мазур Ігор Анатолійович - кандидат технічних наук, доцент, кафедра галузевого машинобудування, Український державний університет науки і технологій.

ORCID ID: 0000-0003-2177-7110.

Угрюмов Дмитро Юрійович - технічний директор, ТОВ «Морська Сюрвейерська Компанія».

Dobriak Volodymyr - candidate of technical sciences, senior engineer, Ukrainian institute for designing iron and steel works.

Uhriumov Yurii - candidate of technical sciences, senior engineer, Ukrainian institute for designing iron and steel works.

Stasevskyi Stanislav - candidate of technical sciences, director, Ukrainian institute for designing iron and steel works.

Mazur Ihor - candidate of technical sciences, associate professor, department of industrial mechanical engineering, Ukrainian state university of science and technologies.

ORCID ID: 0000-0003-2177-7110.

Uhriumov Dmytro - technical director, LLC «Marine Survey Company».