

Винахід відноситься до способів обробки металів тиском і може бути використаний при багатопрохідній поздовжній оправочній прокатці безшовних труб в одноклітьових автоматичних станах або двоклітьових станах типу "тандем".

Обтиснення заготовки по стінці за один прохід в процесі поздовжньої прокатки в кліті автоматичного стану або кліті стану типу "тандем" характеризують абсолютною деформацією заготовки по стінці в площині вершин калібру, яку обчислюють за формулою

$$\Delta S_{\Sigma h} = S_{0h} - S_{th}, \quad (1)$$

де  $\Delta S_{\Sigma h}$  - сумарна деформація заготовки по стінці в площині вершин калібру, мм;

$S_{0h}$  - товщина стінки заготовки на вході в осередок деформації в площині вершин калібру, мм;

$S_{th}$  - товщина стінки труби на виході з осередку деформації в площині вершин калібру, мм.

Розподіл сумарної деформації  $\Delta S_{\Sigma h}$  заготовки по стінці в площині вершин калібру стану поздовжньої прокатки між ділянками зони (осередку) деформації, що розташовані до площини центрів валків і за площиною центрів валків, характеризується показником розподілу деформації в площині вершин калібру за прохід в кліті

$$\delta_{bx} = \frac{\Delta S_{th}}{\Delta S_{\Sigma h}}, \quad (2)$$

де  $\delta_{bx}$  - показник розподілу сумарної деформації заготовки по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті;

$\Delta S_{th} = S_{0h} - S_{gh}$  - обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру на ділянці, що розташована від межі входу заготовки в осередок деформації до площини центрів валків (у вхідному конусі зони деформації), мм;

$S_{gh}$  - товщина стінки заготовки в перетині площини вершин калібру і площини центрів валків, мм.

Існують різні способи розподілу сумарної деформації заготовки по стінці, яку іона отримує в площині вершин калібру (меридіональній площині, що проходить через вісь прокатки та вершини калібру валків) за прохід кліті стану поздовжньої прокатки, між ділянками зони (осередку) деформації, що розташовані до площини центрів валків (діаметральної площини, що проходить через вісі валків) і за площиною центрів валків. Відповідно ці способи характеризуються різними значеннями показника розподілу деформації в площині вершин калібру за прохід в кліті  $\delta_{bx}$ , який характеризує параметри формозміни заготовки в процесі поздовжньої прокатки.

Наприклад, відомий спосіб поздовжньої багатопрохідної прокатки труб у каліброваних валках на короткій нерухомій оправці, відповідно до якого деформацію зменшення зовнішнього радіуса і обтиснення стінки заготовки в кожному з 2-4 проходів здійснюють у вхідному конусі осередку деформації (до площини центрів валків) і закінчують одночасно в площині центрів валків (дивися, наприклад, підручник: В.М. Друян, Ю.Г. Гуляев, С.А. Чукмасов. Теория и технология трубного производства. Дніпропетровськ, Дніпро-ВАЛ, 2001. Рис.2.2.16, стор.339-340 - аналог). Цей спосіб характеризується такими показниками деформації заготовки:

$$\Delta S_{2h} = 0; \quad (3)$$

$$\Delta S_{\Sigma h} = \Delta S_{th}; \quad (4)$$

$$\Delta S_{th} = L_1 \left[ \tan \varphi_1 + \tan \left( \frac{\arcsin \frac{L_1}{R_b}}{2} \right) \right], \quad (5)$$

$$\delta_{bx} = 1; \quad (6)$$

де  $\Delta S_{2h} = S_{gh} - S_{th}$  - обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру на ділянці, що розташована від площини центрів валків до межі виходу труби з осередку деформації (в вхідному конусі зони деформації), мм;

$\varphi_1$  - кут між віссю прокатки ОХ та утворюючою поверхні оправки (кут конусності оправки) у вхідному конусі осередку деформації, град, (радіан);

$L_1$  - довжина уздовж осі прокатки ОХ зони обтиснення стінки у вхідному конусі осередку деформації, мм;

$R_b$  - радіус валка в площині вершин калібру, мм;

ОХ - вісь прокатки, позитивний напрямок якої збігається з напрямком прокатки, рахуючи за "нуль" координату площини центрів валків.

Недоліком цього способу є мала величина можливого обтиснення заготовки по стінці через зрив осьової подачі внаслідок поганих силових умов втягування заготовки валками в зону деформації. Цей недолік обумовлено тим, що при прокатці труб у відповідності із способом-аналогом в осередку деформації, що розташований до площини центрів валків по ходу прокатки, нормальні контактні напрути і нормальні сили, що ініціюються ними, спрямовані протилежно напрямку прокатки як на валках, так і на оправці. Внаслідок указаної орієнтації нормальних сил, можливість підвищення обтиснень по стінці обмежена зривом осьової подачі заготовки. Тому використання цього способу при багатопрохідній прокатці труб у станах поздовжньої прокатки (СПП) забезпечує таке обтиснення по стінці заготовки, що, наприклад, при прокатці за 2 проходи в станах типу "тандем" не перевищує 1,0-2,5мм; це, в свою чергу, обмежує можливу загальну продуктивність трубовиготовельного агрегату (дивися, наприклад, книгу: В.Н. Данченко, А.В. Чус. Продольная прокатка труб. Москва, Металлургия, 1984. Стор.46).

Найбільш близьким до заявляемого способу (прототип) є спосіб поздовжньої багатопрохідної прокатки

труб у каліброваних валках на короткій Нерухомій оправці, кут конусності котрої у вихідному конусі осередку деформації на ділянці від площини центрів валків до перетину виходу готової труби з осередку деформації дорівнює  $\phi_2 = 150 \dots 35^\circ$ , відповідно до которого деформацію заготовки по стінці і зовнішньому радіусу в кожному з проходів здійснюють у вхідному конусі осередку деформації і у вихідному конусі осередку деформації довжиною

$$L_2 = (0,1 \dots 0,3) \cdot d_c, \quad (7)$$

де  $L_2$  - довжина уздовж осі прокатки ОХ зони обтиснення стінки у вихідному конусі осередку деформації, мм;

$d_c$  - діаметр циліндричної ділянки оправки, мм;

(дивися, наприклад, авторське посвідчення СРСР №567514, М. Кл<sup>2</sup>. В21В25/00, 17/02, 1977 - прототип).

Цей спосіб характеризується наявністю обтиснення стінки заготовки  $\Delta S_{ih}$ , яке в кожному з 2-3 проходів в кліті стана поздовжньої прокатки здійснюється:

- у вхідному (до площини центрів валків) конусі осередку деформації, де  $\Delta S_{ih} = \Delta S_{1h}$  обчислюється відповідно до формули (5);

- у вихідному (за площиною центрів валків) конусі осередку деформації, де  $\Delta S_{ih} = \Delta S_{2h}$  обчислюється відповідно до формули

$$\Delta S_{2h} = L_2 \left[ \tan \phi_2 - \tan \left( \frac{\arcsin \frac{L_2}{R_b}}{2} \right) \right], \quad (8)$$

де  $\phi_2$  - кут між віссю прокатки ОХ та утворюючою поверхні оправки (кут конусності оправки) у вихідному конусі осередку деформації, град, (радіан). Таким чином при прокатці у відповідності до способу-прототипу  $0 < \delta_{bx} < 1$ .

Використання цього способу забезпечує деяке підвищення обтиснення по стінці заготовки  $\Delta S_{\Sigma h} = \Delta S_{1h} + \Delta S_{2h}$  у порівнянні з аналогом (дивися, наприклад, статтю: G.I.Gulyayev, Y.G.Gulyayev, V.K.Pozumentchikov, Ye.I.Shyrin. Comparison of Different Longitudinal Plug Tube Rolling Schemes. Iron and Steel Maker, November 2002, p.25-30. Рис.4). Підвищення можливого обтиснення заготовки обумовлено тим, що при прокатці труб у відповідності із способом-прототипом у вихідному конусі осередку деформації, що розташований за площиною центрів валків по ходу прокатки, нормальні контактні напруги і нормальні сили, що ініціюються ними на контакт валків з металом, спрямовані в напрямку прокатки. Внаслідок указаної орієнтації нормальних сил є можливим підвищення обтиснень по стінці без зриву осьової подачі заготовків.

Недолік способу прокатки труб відповідно до прототипу полягає в тому, що при виготовленні відносно тонкостінних труб в першому проході прокатки в СПП в процесі деформації заготовки-гільзи в зонах випусків калібру на її зовнішній поверхні утворюються дефекти типу "вусів" (дивися, наприклад, ОСТ 14-82-82, стор.21, пункт 14). Поява вусів на трубах є неприпустимою з точки зору відбраковки готової продукції, тому можливості прокатки труб по способу-прототипу обмежені виробництвом відносно товстостінних труб з номінальною товщиною стінки  $S_{ном} > 5,0-5,5$  мм. Поява вусів на трубах обумовлена тим, що в першому проході, коли в овальний калібр задається практично кругла гільза (вироблена в прошивному валковому стані або в прошивному пресі), в зонах випусків калібру за площиною центрів валків відбувається інтенсивне обтиснення стінки заготовки, що призводить до значного "затікання" металу в зазор між валками. Цей факт пояснюється наступним чином. Відносна деформація стінки в випусках калібру дорівнює

$$\varepsilon_b = \frac{\Delta S_{\Sigma b}}{S_{0b}}, \quad (9)$$

де  $\varepsilon_b$  - відносна деформація стінки в випусках калібру;

$\Delta S_{\Sigma b} = S_{0b} - S_{tb}$  - абсолютна деформація стінки в площині випусків калібру, мм;

$S_{0b}$  - товщина стінки гільзи в площині випусків калібру, мм;

$S_{tb}$  - товщина стінки заготовки в площині випусків калібру після першого проходу в стані поздовжньої прокатки, мм.

Для параметрів деформації ( $\phi_2, L_2$ ), що задекларовані в прототипі, відносна деформація стінки в випусках калібру дорівнює

$$\varepsilon_b = (0,0134 \dots 0,1050) \left( \frac{D_{0b} - \Delta_c}{S_{0b}} - 2 \right), \quad (10)$$

де  $D_{0b}$  - діаметр гільзи в площині випусків калібру, мм;

$\Delta_c = D_{0b} - 2S_{0b} - d_c$  - зазор між внутрішньою поверхнею гільзи та циліндричною ділянкою оправки, мм.

Враховуючи, що для тонкостінних труб  $\frac{D_{0b}}{S_{0b}} > 30,0$ ;  $\frac{\Delta_c}{S_{0b}} < 1,0$ , відповідно до (10) маємо, що при використанні прототипу мінімально можлива відносна деформація стінки в випусках калібру становить величину  $(\varepsilon_b)_{min} \approx 0,36$ . Внаслідок того, що при використанні прототипу в разі прокатки тонкостінних труб  $\varepsilon_b$  досягає значних показників (внаслідок малого значення величини  $S_{0b}$ ), інтенсивність затікання металу в зазор між валками досягає критичного значення, при якому на зовнішній поверхні заготовки утворюються локальні поздовжні виступи - вуса, які не розкатуються в процесі подальшої деформації заготовки в другому проході в кліті стана поздовжньої прокатки, що призводить до відбраковки продукції.

В основу винаходу поставлена задача створити спосіб багатопрхідної поздовжньої прокатки труб у

каліброваних валках на короткій нерухомій оправці, що забезпечить можливість виготовлення відносно тонкостінних труб без дефектів у вигляді вусів. Це, в свою чергу, розширить сортамент продукції, що виготовляється на СПП, без зниження продуктивності трубовиготовельного агрегату.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі багатопрхідної поздовжньої прокатки труб у каліброваних валках на короткій нерухомій оправці, відповідно до котрого деформацію заготовки по стінці і зовнішньому радіусу в першому проході здійснюють до площини і за площиною центрів валків, формозміну заготовки в першому проході здійснюють таким чином, що співвідношення  $\delta_{\text{вх}}$  обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру у вхідному конусі осередку деформації і сумарного обтиснення по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті дорівнює величині

$$\delta_{\text{вх}} = \frac{D_{0h} \left( 1 - \frac{b_k}{\lambda_k D_{0h}} - \frac{\Delta_0}{D_{0h}} \right)}{D_{0h} \left( 1 - \frac{b_k}{\lambda_k D_{0h}} \right) - \Delta_0 \left( 1 + k' \left[ \frac{\tan \left[ 0,5 \cdot \arcsin \left( \frac{k \Delta_0}{2 R_a \tan \phi_2} \right) \right]}{\tan \phi_2} \right] - 1 \right)}, \quad (11)$$

$$\delta_{\text{вх}} = \frac{\Delta S_{1h}}{\Delta S_{\Sigma h}}$$

де  $\delta_{\text{вх}}$  - показник розподілу сумарної деформації заготовки по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті;

$\Delta S_{1h} = S_{0h} - S_{gh}$  - обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру на ділянці, що розташована від межі входу гільзи в осередок деформації до площини центрів валків (у вхідному конусі зони деформації), мм;

$S_{0h}$  - товщина стінки гільзи на вході в осередок деформації в площині вершин калібру, мм;

$S_{gh}$  - товщина стінки заготовки в перетині площини вершин калібру і площини центрів валків, мм;

$\Delta S_{\Sigma h} = S_{0h} - S_{th}$  - сумарна деформація заготовки по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті, мм;

$S_{th}$  - товщина стінки заготовки на виході з осередку деформації в площині вершин калібру, мм;

$b_k$  - ширина калібру, мм;

$\lambda_k = \frac{b_k}{h_k}$  - овальність калібру;

$h_k$  - висота калібру, мм;

$D_{0h}$  - зовнішній діаметр гільзи в площині вершин калібру, мм;  $\Delta_0 = D_{0h} - 2S_{0h} - d_{og}$  - зазор між внутрішньою поверхнею гільзи і поверхнею оправки, мм;

$d_{og} = d_{gh}$  - діаметр оправки в площині центрів валів (перетині «пережиму»), мм;

$d_{gh}$  - внутрішній діаметр заготовки в перетині площини вершин калібру і площини центрів валів, мм;

$k = 0,8 \div 1,2$  - коефіцієнт;

$R_b$  - радіус валка в площині вершин калібру, мм;

$\phi$  - кут між віссю прокатки ОХ та утворюючою поверхні оправки (кут конусності оправки) у вихідному конусі осередку деформації, град, (радіан);

ОХ - вісь прокатки, позитивний напрямок якої збігається з напрямком прокатки, рахуючи за "нуль" координату площини центрів валків.

Загальними ознаками найбільш близького (прототип) та заявляемого способів є формозміна заготовки поздовжньою багатопрхідною прокаткою у каліброваних валках на короткій нерухомій оправці з деформацію заготовки по стінці і зовнішньому радіусу в першому проході до площини і за площиною центрів валків.

Відрізняючи ознаки заявляемого способу є в тому, що формозміну заготовки в першому проході здійснюють таким чином, що співвідношення  $\delta_{\text{вх}}$  обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру у вхідному конусі осередку деформації і сумарного обтиснення по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті дорівнює величині, що лежить в визначених формулою (11) межах.

Суть заявляемого винаходу не слідє явним чином для спеціаліста з відомого рівня техніки. Сукупність ознак, що характеризують відоме рішення, не забезпечує досягнення нових властивостей і тільки наявність відрізняючих ознак винаходу дозволяє одержати нові властивості, новий більш високий технічний результат. Отже, пропонуємий винахід відповідає критерію "Винахідницький рівень".

Вирішення задачі, що поставлена в основу винаходу, є можливим завдяки тому, що, на відміну від відомих способів (аналог, прототип), в заявляемому способі поздовжньої прокатки співвідношення  $\delta_{\text{вх}}$  обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру у вхідному конусі осередку деформації ( $\Delta S_{1h}$ ) і сумарного

обтиснення по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті ( $\Delta S_{\Sigma h}$ ) при формозміні гільзи в першому проході є регульованою величиною, від якої залежать параметри деформування заготовки в калібрі трубопрокатного стану. Формула (11), що визначає залежність рівня припустимих значень  $\delta_{\text{вх}}$  від умов формозміни заготовки в калібрі стану поздовжньої прокатки є результатом теоретичного аналізу та практичної апробації. При поздовжній прокатці труб із застосуванням пропонуемого способу деформацію заготовки здійснюють таким чином, що співвідношення  $\delta_{\text{вх}}$  залежить від параметрів гільзи ( $D_{0h}$ ,  $S_{0h}$ ), оправки ( $d_{og}$ ,  $\phi_2$ ),

валків ( $R_b$ ) та калібру ( $\lambda_k$ ). В реальних умовах радіус валків  $R_b$  задається конструкцією кліті; діаметр гільзи  $D_{0h}$  задається умовами її прошивки у прошивному агрегаті; товщину стінки  $S_{0h}$  гільзи та діаметр оправки  $d_{og}$  вибирають в залежності від товщини стінки  $S_{th}$  переробної заготовки, що повинна бути отримана в результаті

прокатки; овальність калібру  $\lambda_k$  та кут конусності  $\phi_2$  призначають, виходячи з умов стабільного захвату заготовки в початковій стадії прокатки. Таким чином, реально в практичних умовах співвідношення  $\delta_{\text{вх}}$  регулюється величиною діаметра  $D_{th}$  заготовки в площині вершин калібру на виході із осередку деформації. В

тому разі, коли прокатку здійснюють таким чином, що діаметр  $D_{th}$  заготовки є таким, що співвідношення обтиснень стінки  $\delta_{bx}$  лежить в межах, призначених формулою (11), переповнення калібру в зонах випусків не відбувається, метал тече переважно в напрямку прокатки (осі ОХ), затікання металу в зазори між валками не перевищує припустимих (критичних) показників. Цей факт обумовлено тим, що значення коефіцієнту  $k=0,8...1,2$  в поєднанні з параметрами прокатки, що декларуються формулою (11), забезпечує здійснення процесу формозміни заготовки в першому проході, при яких відносна деформація по стінці в випусках калібру

$\varepsilon_b$  не може перевищувати значення

$$(\varepsilon_b)_{max} = 0,1 \frac{\Delta_0}{S_{0b}} \cdot \frac{\Delta_0}{S_{0b}}$$

Реально  $\frac{\Delta_0}{S_{0b}} < 1,0$  і  $\varepsilon_b < 0,10$  (для порівняння - в прототипі  $\varepsilon_b > 0,36$ ). При  $\varepsilon_b < 0,10$  затікання металу в випуски калібру не є інтенсивним і утворення вусів не відбувається.

За наявними у заявника і авторів відомостями сукупність ознак, що пропонується і характеризує сутність винаходу, невідома із сучасного рівня техніки. Отже, винахід відповідає критерію "Новизна".

Прокатка труб із використанням способу, що заявляється в якості винаходу, забезпечує підвищення якості відносно тонкостінних труб внаслідок усунення дефектів у вигляді вусів. Це, в свою чергу, розширяє сортамент продукції, що виготовляється на станах поздовжньої прокатки, без зниження продуктивності трубовиготовельного агрегату. Таким чином, запропонований винахід відповідає критерію "Корисність".

Спосіб пояснюється графічно. На Фіг.1 показано меридіональний поперечний перетин осередку деформації автоматичного стану площиною вершин калібру у випадку, коли використовується оправка з одною конічною ділянкою: 1 - заготовка до початку обтиснення в кліті; 2 - вхідний конус осередку деформації, довжина котрого становить  $L_{bx}$ ; 3 - оправка; 4 - калібровані валки; 5 - труба після обтиснення в кліті;  $R_{0h}$  - зовнішній радіус заготовки в площині вершин калібру до обтиснення в кліті;  $S_{0h}$  - стінка заготовки в площині вершин калібру до обтиснення в кліті;  $d_0$  - внутрішній діаметр заготовки до обтиснення в кліті; ОХ - ось прокатки (стрілкою показано напрямок прокатки);  $\phi$  - кут конусності оправки;  $R_i$  - ідеальний радіус валків;  $R_b$  - радіус валків по вершині калібру;  $O_1O_1$  - лінія центрів валків (лінія перетину площини, що проходить через осі валків - площини центрів валків, з площиною, що проходить через ось прокатки перпендикулярно осям валків - площиною вершин калібру);  $L_0$  - довжина зони редукування заготовки по діаметру в кліті;  $L_1$  - довжина зони обтиснення заготовки по стінці до лінії центрів валків (до площини центрів валків);  $L_2$  - довжина зони обтиснення заготовки по стінці за лінією центрів валків (за площиною центрів валків);  $S_{gh}$  - товщина стінки заготовки в площині вершин калібру в площині центрів валків;  $S_{th}$  - товщина стінки труби в площині вершин калібру після обтиснення в кліті;  $d_g$  - діаметр оправки в площині центрів валків;  $R_{th}$  - зовнішній діаметр труби в площині вершин калібру після обтиснення в кліті;  $d_2$  - діаметр оправки в площині виходу труби з осередку деформації;  $\alpha_2$  - кут захвату за площиною центрів валків. На Фіг.2 показано діаметральний поперечний перетин осередку деформації площиною, що є паралельною площині центрів валків та розташована на відстані  $L_2$  від неї (перетин I-I на Фіг.1): 3 - оправка; 4 - валки (нижній валок показано не повністю); 5-труба;  $O_1O_1$  ось (центр) верхнього валка; О - слід осі прокатки ОХ;

YOY- слід площини випусків калібру на площині перетину I-I; ZOZ - слід площини вершин калібру на площині перетину I-I;  $R_1$  - ідеальний радіус валків;  $S_{th}$  - товщина стінки заготовки-труби 5 в площині вершин калібру в площині перетину I-I;  $R_{th}$  - радіус заготовки-труби 5 в площині вершин калібру в площині перетину I-I;  $b_k$  - ширина калібру;  $S_{tb}$  - товщина стінки в площині випусків калібру в площині перетину I-I;  $\Delta$  - зазор між ребордами валків в площині перетину I-I;  $d_2$  - діаметр оправки в площині перетину I-I. На Фіг.3 наведено експериментальні дані про зміну товщини стінки по периметру труби-заготовки в зоні випусків калібру на ділянці периметру, що лежить під кутом  $\pm 15^\circ$  до площини випусків, після першого проходу в стані СПП при використанні способу прокатки згідно до прототипу та згідно до пропонуємого способу прокатки.

Спосіб здійснюється таким чином. Попередньо виготовлена на будь-якому прошивному агрегаті (прошивний валковий стан, прошивний прес і т.п.) заготовка-гільза 1 задається у калібровані валки 4 автоматичного стану або стану поздовжньої прокатки труб, у якому її деформують по діаметру та стінці на розмір труби-заготовки 5 для подальшої деформації. Величина сумарного абсолютного обтиснення по діаметру та стінці заготовки-гільзи визначається різницею між заданими по таблиці прокатки розмірами діаметра  $D_0=2R_{0h}$  та стінки  $S_0=S_{0h}$  заготовки-гільзи 1 і діаметра  $D_1=2R_{th}$  та стінки  $S_1=S_{th}$  заготовки-труби 5. У ході поздовжньої прокатки спочатку відбувається редукування заготовки-гільзи без деформації стінки. Цей процес характеризується овалізацією заготовки-гільзи внаслідок того, що висота калібру  $h_k$  в якому відбувається деформування, по фізичній суті процесу поздовжньої прокатки має бути меншою за ширину калібру  $b_k$ . В наслідок овалізації внутрішня поверхня заготовки-гільзи в площині вершин калібру інтенсивно наближається до поверхні оправки (в міру переходу від вершин до випусків калібру ця інтенсивність зменшується). В діаметральному перетині осередку деформації, в якому зазор між поверхнею оправки та поверхнями валків в площині вершин калібру зрівнюються з товщиною стінки заготовки-гільзи  $S_{0h}$ , починається обтиснення стінки. Таким чином (Фіг.1) на частині вхідного конусу осередку деформації довжиною  $L_1$  відбувається одночасне зменшення радіусу і обтиснення стінки, а починаючи з площини центрів валків  $O_1O_1$  (Фіг.1) відбувається збільшення радіусу з одночасним обтисненням стінки. В зоні  $L_2$  одночасного обтиснення стінки та збільшення радіусу процес формозміни характеризується нерівномірністю розподілу деформації стінки по периметру калібру (у випусках калібру деформація мінімальна, в вершинах калібру - максимальна). Як показали дослідження, в тому разі, коли співвідношення  $\delta_{bx}$  вибрано таким чином, що задовольняються

вимоги формули (11), відносна деформація стінки в випусках калібру  $\varepsilon_b$  є меншою від того рівня, при якому інтенсивність затікання металу в зазор між валками  $\Delta$  (Фіг.2) досягає критичного значення, яке характеризується появою на зовнішній поверхні заготовки вусів. Після першого проходу в автоматичному стані

або після прокатки в першому стані поздовжньої прокатки (СПП-1) отримана заготовка-труба кантується на  $90^\circ$  і деформується в другому проході в автоматичному стані або в другому стані поздовжньої прокатки (СПП-2). При наявності на поверхні заготовки-труби 5 локальних виступів (вусів), які в другому проході задаються в вершину калібру стана, заготовка-труба не фіксується надійно в калібрі ("звалюється") і вуса знову опиняються в площині випусків калібру. Таким чином вуса не деформуються (не розкатуються) і отримана після другого проходу в СПП труба є дефектною і відбраковується. При відсутності на заготовці-трубі вусів в другому проході прокатки в СПП заготовка-труба надійно фіксується в калібрі, зони заготовки-труби, що в першому проході деформувалися в випусках калібру в другому проході деформуються в вершинах калібру і прокатана труба може бути переданою для подальшої переробки (обкатки, калібрування та редукування).

Конкретний приклад реалізації заявляемого способу. В стані поздовжньої прокатки (СПП-1) технологічної лінії агрегату "140" здійснювали поздовжню прокатку заготовки-труби з вуглецевої сталі Сталь 20 для подальшої переробки (прокатка в стані поздовжньої прокатки (СПП-2, обкатка в розкатному стані, калібрування в калібровочному стані). Розміри труби-заготовки після СПП-1 становили: зовнішній радіус в площині вершин калібру  $R_{th}=73,5\text{мм}$ , товщина стінки в площині вершин калібру  $S_{th}=S_{2h}=4,5\text{мм}$ . Прокатку здійснювали на нерухомій короткій оправці з такими параметрами: кут конусності утворюючої поверхні оправки  $\phi=8,6\text{град.}$ ; діаметр оправки в перетині осередку деформації площиною центрів валків  $d_g=132,0\text{мм}$ ; довжина ділянки за перетином центрів валків  $L_2=20\text{мм}$ ; діаметр оправки в перетині виходу труби з осередку деформації становить  $d_2=2(R_{th}-S_{th})=138,0\text{мм}$ . Ідеальний радіус каліброваних валків становить  $R_i=300\text{мм}$ . Використовували калібри круглої форми з округленими випусками (дивися, наприклад, підручник: В.М. Друян, Ю.Г. Гуляев, С.А. Чукмасов. Теория и технология трубного производства. Дніпропетровськ, Дніпро-ВАЛ, 2001.

$$\lambda_k = \frac{b_k}{h_k} = 1,07$$

Рис.2.2.2): висота калібру  $h_k=145,2\text{мм}$ ; овальність калібру ; радіус округлення  $\rho_0=144,3\text{мм}$ ; кут випуску калібру  $\alpha_b=30^\circ$ . Радіус валків в площині вершин калібру  $R_B=R_i-0,5h_k=227,4\text{мм}$ . Прокатували гільзу із зовнішнім радіусом  $R_0=R_{0h}=77,7\text{мм}$  і товщиною стінки  $S_0=S_{0h}=S_{0b}=8,7\text{мм}$ . Довжина зони деформації заготовки у вхідному конусі осередку деформації  $L_{bx}=L_0+L_1=47,8\text{мм}$ ; довжина зони обтиснення стінки у вхідному конусі осередку деформації становить  $L_1=11,7\text{мм}$ . Сумарне обтиснення стінки в площині вершин калібру становить  $\Delta S_{\Sigma h} = S_0 - S_{th} = 4,2\text{мм}$ ; обтиснення стінки в площині вершин калібру до площини центрів валків (у вхідному конусі осередку деформації становить)  $\Delta S_{1h}=S_0-0,5(h_k-d_g)=2,1\text{мм}$ ; співвідношення обтиснень

$\delta_{bx} = \Delta S_{1h} \cdot \Delta S_{\Sigma h}^{-1} = 0,5$ . Вищенаведені параметри прокатки відповідають всім без винятку умовам і вимогам прокатки відповідно заявляемого способу - здійснюють багатопрохідну поздовжню прокатку труби у каліброваних валках на короткій нерухомій оправці, при якій обтиснення заготовки по стінці і зовнішньому радіусу в першому проході здійснюють до площини і за площиною центрів валків, а формозміну заготовки в першому проході здійснюють таким чином, що співвідношення  $\delta_{bx}=0,5$  обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру у вхідному конусі осередку деформації  $\Delta S_{1h}=2,1\text{мм}$  і сумарного обтиснення по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті  $\Delta S_{\Sigma h} = 4,2\text{мм}$  лежить в межах величин, що мають бути розраховані по формулі

$$\delta_{bx} = \frac{D_{0h} \left( 1 - \frac{b_k}{\lambda_k D_{0h}} - \frac{\Delta_0}{D_{0h}} \right)}{D_{0h} \left( 1 - \frac{b_k}{\lambda_k D_{0h}} \right) - \Delta_0 \left( 1 + k \left[ \frac{\tan \left[ 0,5 \cdot \arcsin \left( \frac{k \Delta_0}{2 R_B \tan \phi_2} \right) \right]}{\tan \phi_2} \right] - 1 \right)} =$$

$$= 0.431 \dots 0.576,$$

$$\delta_{bx} = \frac{\Delta S_{1h}}{\Delta S_{\Sigma h}} = 0,5$$

де  $\delta_{bx}$  - показник розподілу сумарної деформації заготовки по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті;

$\Delta S_{1h}=S_{0h}-S_{gh}=2,1\text{мм}$  - обтиснення заготовки по стінці в площині вершин калібру на ділянці, що розташована від межі входу гільзи в осередок деформації до площини центрів валків (у вхідному конусі зони деформації);

$S_{0h}=8,7\text{мм}$  - товщина стінки гільзи на вході в осередок деформації в площині вершин калібру;

$S_{gh}=6,6\text{мм}$  - товщина стінки заготовки в перетині площини вершин калібру і площини центрів валків;

$\Delta S_{\Sigma h} = S_{0h} - S_{th} = 4,2\text{мм}$  - сумарна деформація заготовки по стінці в площині вершин калібру за прохід в кліті;

$S_{th}=4,5\text{мм}$  - товщина стінки заготовки на виході з осередку деформації в площині вершин калібру;

$b_k=155,4\text{мм}$  - ширина калібру;

$$\lambda_k = \frac{b_k}{h_k} = 1,07$$

- овальність калібру;

$h_k=145,2\text{мм}$  - висота калібру;

$D_{0h}=155,4\text{мм}$  - зовнішній діаметр гільзи в площині вершин калібру;

$\Delta_0=D_{0h}-2S_{0h}-d_{og}=6\text{мм}$  - зазор між внутрішньою поверхнею гільзи і поверхнею оправки;

$d_{og}=d_{gh}=132\text{мм}$  - діаметр оправки в площині центрів валів (перетині «перезиму»);

$k=1,0$ ;

$d_{gh}=132\text{мм}$  - внутрішній діаметр заготовки в перетині площини вершин калібру і площини центрів валів;

$R_B=227,4\text{мм}$  - радіус валка в площині вершин калібру;

$\phi=8,6$ град. - кут між віссю прокатки ОХ та утворюючою поверхні оправки (кут конусності оправки) у вихідному конусі осередку деформації;

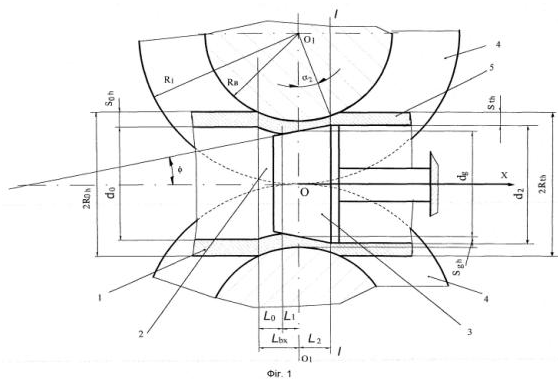
ОХ - вісь прокатки, позитивний напрямок якої збігається з напрямком прокатки, рахуючи за "нуль" координату площини центрів валків.

Прокатана із параметрами, що відповідали вимогам заявляемого способу, в СПП-1 переробна труба (труба-заготовка для подальшої переробки) не мала дефектів типа вусів в зонах випусків калібру (Фіг.3), її подальша прокатка в СПП-2, обкатному та калібровочному станах технологічної лінії агрегату "140" здійснювалась без відхилень від норми; отримана готова труба розміром 159×4,5мм відповідала вимогам стандарту ГОСТ 8732-74. Для порівняння в СПП-1 здійснювали прокатку переробної труби аналогічних розмірів із параметрами формозміни, що відповідали вимогам прототипу та аналогу. Прокатана із параметрами, що відповідали вимогам прототипу, в СПП-1 переробна труба мала дефекти типа вусів в зонах випусків калібру (Фіг.3), її подальша прокатка в СПП-2 супроводжувалась наявністю так званого "звалювання" труби в калібрі - поворотом профілю труби, при якому, вуса, що задаються у вершину калібру СПП-2, "звалювалися" у зони випусків калібру (поверталися у напрямі випусків калібру і деформувалися в цих зонах). Звалювання приводило до того, що після прокатки в СПП-2 труба не відповідала потрібним геометричним розмірам унаслідок того, що зона заготовки, відповідна зоні випусків калібру після СПП-1, в СПП-2 знову деформувалася в зоні випусків калібру, а зона заготовки, відповідна зоні вершин калібру після СПП-1, в СПП-2 знову деформувалася в зоні вершин калібру.

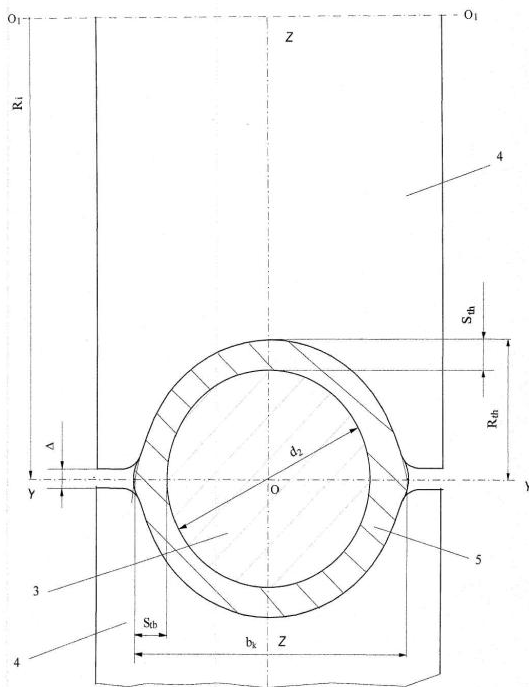
Подальша переробка труби після СПП-2 була неможливою і вона відбраковувалася. При виготовленні переробних труб із параметрами формозміни, що відповідали вимогам аналогу отримано аналогічний негативний результат-прокатка супроводжувалася появою вусів на трубах.

Спосіб, що пропонується у якості винаходу, апробовано з позитивним результатом в промислових умовах на агрегаті «140» із станами поздовжньої прокатки "тандем" при виготовленні промислових партій труб розміром 159×4,0÷5,0мм.

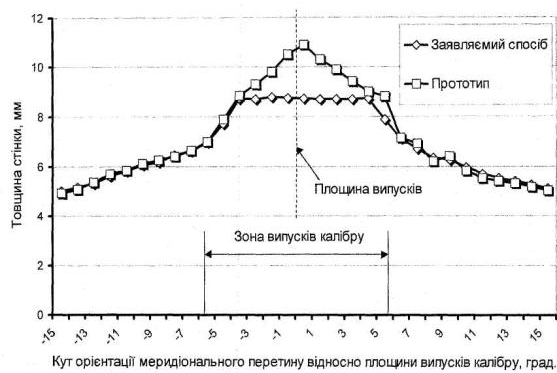
Дослідження в промислових умовах на агрегаті «140» цеху №5 Нижньодніпровського трубопрокатного заводу (м. Дніпропетровськ) показують, що пропонуємиий спосіб відповідає критерію "Промислова придатність".



Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3