

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО (КрНУ)

Стасевський Станіслав Леонідович



УДК 621.774.35:621.771.28:621.73.001

**УДОСКОНАЛЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА
ОСНОВІ РОЗВИТКУ РОЗРАХУНКІВ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА
ГАРЯЧЕКАТАНИХ ТРУБ НАФТОГАЗОВОГО СОРТАМЕНТУ**

Спеціальність 05.03.05 «Процеси та машини обробки тиском»

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

м. Кременчук – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національній металургійній академії України

Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник -

доктор технічних наук, професор
Балакін Валерій Федорович,
Національна металургійна академія
України, професор кафедри якості,
стандартизації та сертифікації
(м. Дніпро)

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Григоренко Володимир Устинович,
НТУ «Дніпровська політехніка»,
професор кафедри технологій
машинобудування та
матеріалознавства (м. Дніпро)

доктор технічних наук, доцент

Грибков Едуард Петрович

Донбаська державна машинобудівна
академія, завідувач кафедри
автоматизованих металургійних
машин та обладнання

(м. Краматорськ)

Захист відбудеться « 4 » травня 2021 р. о 13 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 45.052.06 у Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського за адресою: вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського за адресою: вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600.

Автореферат розісланий « 2 » квітня 2021 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 45.052.06, д.т.н., проф.



В. М. Чебенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми впливає з необхідності вирішення однієї з ключових задач трубовальцювального виробництва, яка полягає в зниженні витрат металу, так як в собівартості гарячевальцованих труб вартість вихідної заготовки становить до 80%, що є значним резервом зниження собівартості і підвищення конкурентоспроможності виробництва труб. Особливо актуальною ця задача є при виробництві труб на пілігримових агрегатах, що характеризуються підвищеною витратою металу у затравку і пілігримову головку, маса яких досягає 10% і більше від маси вихідної заготовки. На цих агрегатах виробляється значна частина труб нафтогазового сортаменту. При використанні в даний час в якості вихідного матеріалу безперервнолитої заготовки круглого поперечного перерізу, такі втрати металу у затравку і пілігримову головку знижують конкурентоспроможність пілігримового способу.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка нових і удосконалення існуючих ресурсозберігаючих технологій виробництва гарячевальцованих труб широкого розмірного і марочного сортаменту з круглої безперервнолитої заготовки на агрегатах з пілігримовими станами, що відповідають сучасним тенденціям розвитку металургії.

Зазначена мета досягається вирішенням наступних задач:

- уточнити математичну модель отримання труб на пілігримовому агрегаті, що дозволяє аналізувати металовикористання при виробництві труб з різним показником тонкостінності (D/S) і прогнозувати заходи щодо зниження втрат металу у затравку і пільгерголовку;

- розробити нові технології підготовки передніх кінців гільз на кувальних чотирьохбойкових пресах і на обкатних машинах планетарного типу і запропонувати технологічні режими, що забезпечують необхідні розміри і якість кінців гільз для зниження обрізу затравочних кінців труб і зниження часу пілігримового вальцювання;

- розробити нові технології підготовки задніх кінців гільз на прошивному косовалковому стані для забезпечення стабільних умов зарядки в них дорен і зниження зазору між ними в основній частині гільзи, а також їх редукування обтисненням на кувальних пресах профільними бойками для збільшення зчеплення гільзи з дорном з метою поліпшення умов режиму затравки, підвищення швидкості вальцювання і точності труб по товщині стінки;

- розробити нові та удосконалити існуючі технології зменшення втрати металу у пільгерголовку при вальцюванні широкого сортаменту труб;

- на основі проведених досліджень розробити рекомендації щодо реалізації в промислових умовах вдосконалених технологій виробництва труб широкого розмірного і марочного сортаменту на пілігримових агрегатах з мінімальними ВКМ.

Об'єкт дослідження. Технологія і обладнання виробництва гарячедеформованих труб на трубовальцювальному агрегаті з пілігримовими станами.

Предмет дослідження. Закономірності впливу деформаційних параметрів виготовлення гарячедеформованих труб широкого розмірного і марочного сортаменту на трубовальцюванному агрегаті з пілігримовими станами на умови несталих режимів пілігримового вальцювання і пов'язані з цим втрати металу в технологічну обрізь.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження базуються на закономірностях теорії обробки металів тиском і теорії пластичності з використанням методів математичного моделювання технологічних процесів із застосуванням обчислювальної техніки. Експериментальні дослідження виконані методом прямого фізичного моделювання в умовах промислового ТПА 5-12 ПАТ «Інтерпайп НТЗ» (м. Дніпро) і в лабораторних умовах на спеціально розроблених пристроях.

Основні наукові положення, висновки і рекомендації, сформульовані в дисертації, обґрунтовані теоретично і підтверджені практично, базуються на даних, достовірність яких підтверджується використанням сучасних технічних засобів і обладнання, застосуванням теоретичних і експериментальних методів дослідження, результатами математичної обробки даних з використанням обчислювальної техніки, промисловими апробуваннями.

Наукова новизна. В роботі отримані наступні результати, які мають наукову новизну:

1. Отримав розвитку метод розрахунку режиму вальцювання труб на пілігримовому стані. Розробка відрізняється врахуванням конкретної довжини кожної гільзи і зміною подачі за заданою програмою, що вперше створює технологічні основи автоматизації несталого затравочного режиму зі зменшенням його тривалості до 50% і зниженням обрізу передніх кінців труб.

2. Отримав розвиток метод розрахунку енергосилових параметрів підготовки передніх кінців гільз шляхом обтиску металу профільними бойками на гідравлічному чотирьохбойковому пресі. Метод відрізняється тим, що дозволяє вперше врахувати особливості деформування при стисненні кінця гільзи на оправці з утворенням облоя. Використання методу дозволить науково обґрунтовано визначати деформаційні і силові параметри для вибору зусилля пресу.

3. Розроблено новий метод розрахунку деформаційних і енергосилових параметрів підготовки задніх кінців гільз на дорні на двобойковому горизонтальному гідравлічному пресі з новим калібруванням бойків. Він відрізняється від відомих тим, що за допомогою ліній ковзання визначено середній тиск на робочих гранях бойків, а також на контактній гільзи з дорном. Використання методу, дозволяє вперше науково-обґрунтовано прогнозувати величини зусиль на бойках для вибору зусилля пресу і визначити умови створення необхідного запасу сил тертя між гільзою і дорном в початковий період пілігримового вальцювання з метою збільшення його швидкості на 20-40%, а також зниження тривалості затравочного режиму на 10-15% і зменшення обрізу затравочних кінців труб.

4. Визначено комплекс умов для забезпечення розкочування пілігримової головки на вільній ділянці дорна при вальцюванні тонкостінних труб з $D/S =$

12,5-40. Вперше розроблено метод розрахунку параметрів пілігримової головки при її частковому розкочуванні, яке відрізняється введенням параметра «критична» товщина стінки змінної частини пілігримової головки, що розділяє пільгерголовку на дві частини. Це дозволяє зняти трубу з дорна за допомогою шибєрного пристрою і суттєво до 50% зменшити втрати металу в пільгерголовку при вальцюванні тонкостінних труб з $D/S = 12,5-40$ і збільшити довжину чорнових труб на 5-15%.

Практична значимість. На основі проведених досліджень:

- удосконалено методику розрахунку деформаційних параметрів виробництва труб широкого розмірного і марочного сортаменту на пілігримовому агрегаті з круглої безперервнолитої заготовки;
- удосконалено методику розрахунку силової взаємодії бойків і металу при підготовці передніх і задніх кінців гільз на обтискному пресі;
- удосконалено методику вибору раціонального режиму подачі металу у валки при розвальцюванні пільгерголовки на вільній ділянці дорна;
- розроблено спосіб пілігримового вальцювання у несталому режимі (патент України 136190);
- розроблено способи підготовки передніх і задніх кінців гільз перед пілігримовим вальцюванням (патенти України 88197, 88524, 92316, 102601, 103190, 103349);
- розроблено комбінований спосіб зниження маси пільгерголовки і дорновий пристрій нової конструкції (патенти України 88265 і 91209);
- розроблено способи вальцювання гільз встик (патенти України 103350 і 103557);
- розроблено спосіб часткового розвальцювання пільгерголовки при виробництві тонкостінних труб (патент України 129753);
- розроблено способи зняття труби з дорна на пілігримовому стані (патенти України 86284 і 100527).

Результати дисертаційної роботи прийняті ПАТ «Інтерпайп НТЗ» до впровадження в цеху № 4 при виробництві труб широкого сортаменту з круглої безперервнолитої заготовки зі зменшеною обрізкою в затравку і пільгерголовку (довідка від 12.10.2020 р.) і в Національній металургійній академії України при вивченні студентами дисципліни «Моделювання процесів обробки металів тиском в технологічних об'єктах», при виконанні випускних дипломних проектів і магістерських робіт і при підготовці аспірантів (акт від 19.05.2020 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертація є самостійною роботою автора і базується на теоретичних і практичних дослідженнях. Результати опубліковані в співавторстві з фахівцями Національної металургійної академії України, компанії «Інтерпайп» і ДП «Укрдіпромет». Особистий внесок автора полягає в: аналізі існуючої технології виробництва труб широкого розмірного і марочного сортаменту на ТПА з пілігримовими станами, вивченні і аналізі факторів, що впливають на витрату металу і, перш за все, за рахунок обрізу затравки і пільгерголовки на пілігримових станах; розробці методики розрахунку силової взаємодії бойків преса і деформованого металу при підготовці передніх і задніх кінців гільз, розробці нових способів і технологічних режимів підготовки

передніх кінців гільз і зниження маси пілігримових головок при вальцюванні тонкостінних і товстостінних труб. Всі теоретичні і експериментальні результати, які були отримані в дисертації, базуються на дослідженнях, проведених особисто автором.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконання дисертаційної роботи пов'язано з тематичними планами наукових досліджень Національної металургійної академії України (НМетАУ). Дослідження виконані в рамках програм, що відповідають тематиці науково-дослідних робіт кафедри технологічного проектування НМетАУ (ДР 550171371). Автор був виконавцем зазначеної роботи.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи були повідомлені на техрадах і нарадах, які проводилися на ПАТ «Інтерпайп НТЗ» НМетАУ, ІЧМ і ДП «Укрдїпрометз» (Дніпро, 2013-2019 рр.) На X міжнародній науково-технічній конференції «Пластична деформація металів» (Дніпро, 2014 р.) і на VIII і XI міжнародних конференціях «Ресурсозбереження і енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні і металургії» (Харків, 2016 і 2019 роки).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 32 наукових працях, у тому числі: 1 монографія, 7 статей у наукових фахових виданнях України, 5 у науково-технічних виданнях (з них 2 у закордонних наукових періодичних виданнях [11, 13]); 3 тези у збірниках доповідей наукових конференцій; 16 патентів України.

Структура і обсяг дисертації. Текст роботи викладено на 225 сторінках друкованого тексту і містить: 135 друкованих сторінок основного тексту, 15 таблиць, 87 рисунків і список літератури з 115 джерел.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дано обґрунтування актуальності теми дисертації, сформульована мета і задачі дослідження, розкрито наукову новизну, практичне значення і приведена структура дисертації.

У першому розділі «Стан та шляхи підвищення ефективності виробництва гарячевальцьованих труб на трубвальцьовальних агрегатах» представлені результати порівняльного аналізу виробництва труб широкого розмірного і марочного сортаменту на агрегатах з розвальцьовальними станами подовжнього вальцювання (автоматичних, станів тандем, безперервних), періодичного вальцювання (пілігримових) і поперечно-гвинтового вальцювання (тривалкових вальцьовальних). Відзначено переваги та недоліки цих агрегатів при використанні в якості вихідного матеріалу безперервнолитої заготовки круглого поперечного перерізу. Володіючи цілим рядом переваг пілігримові агрегати в той же час характеризуються підвищеними витратними коефіцієнтами металу (ВКМ). Це обумовлено втратами металу в технологічну обрізь на пілігримових станах (затравку і пільгерголовку), що знижує їх конкурентоспроможність.

На підставі проведеного аналізу науково-технічної літератури сформульовані цілі і задачі досліджень.

У другому розділі «Визначення втрат металу в технологічну обрізь на пілігримовому стані і прогнозування її зменшення» розглянуті основні напрямки економії металу при виробництві труб на пілігримових агрегатах за рахунок зниження втрат металу в технологічну обрізь: затравку і пільгерголовку. Проведено дослідження макроструктури труб з $D/S < 6$ з БЛЗ і встановлена можливість їх вальцювання без пільгерголок, що знижує витратний коефіцієнт металу. За допомогою вдосконаленої математичної моделі розрахунку таблиці вальцювання труб на пілігримовому агрегаті за схемою Кальмеса визначені втрати металу в обрізь на пілігримових станах і виконаний прогноз зниження втрат металу в затравку і пільгерголовку при отриманні труб широкого розмірного сортаменту з безперервнолитої заготовки круглого перетину. Така заготовка (діаметром до 500 мм) визнана найбільш економічною при виробництві гарячевальцьованих труб. Для реалізації математичної моделі розроблені комп'ютерні програми розрахунку таблиць вальцювання, в тому числі, визначення ВКМ на прокаті.

Отриманий на пілігримовому стані з гільзи розкат складається з основної частини 1, довжина якої L_T , є сумою мірних (кратних) частин, затравочного кінця 2, довжиною L_3 і пілігримової головки 3, довжиною L_G (рис. 1а). Пілігримова головка складається з недокату 4, профільної частини 5 і ділянки труби 6, (рис. 1б).

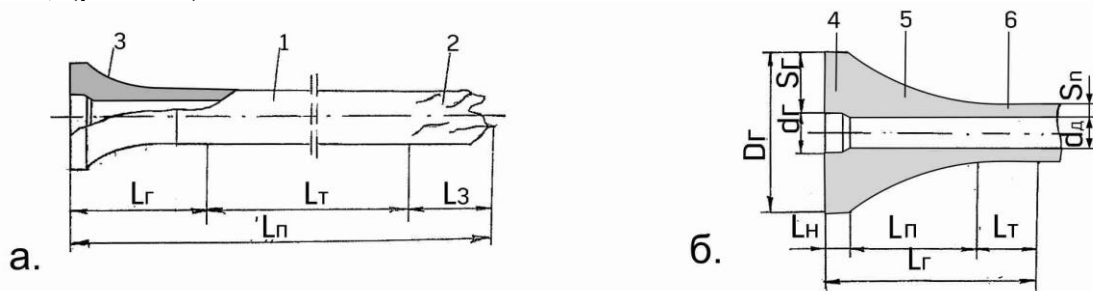


Рис. 1. Розкат на пільгерстані (а) і складові частини пільгерголівки (б): 1 – основна частина (придатна труба), 2 – затравка, 3 – пільгерголівка, 4 – недокат гільзи, 5 – профільна частина, 6 – ділянка труби

Визначення параметрів і маси G_{II} профільної частини пільгерголівки здійснювали за допомогою розробленого графоаналітичного методу, що полягає в графічній побудові профілю бойка пільгервалка по вершині калібру і параметрів, що характеризують застосоване калібрування пільгервалків (катаючий радіус і радіус бочки), поділ кута бойка на кілька частин (в роботі на 3 частини) радіусами, аналітичне визначення точок перетину радіусів з кривими валка і побудова розгортки бойка з визначенням параметрів окремих частин. Зі збільшенням числа ділянок поділу бойка точність побудови профілю розгортки бойка і визначення маси G_{II} зростає.

На рис. 2 приведена розрахункова модель профільної ділянки пільгерголівки на підставі поділу її на три частини L_{n1} , L_{n2} і L_{n3} . Висоти h_1 , h_2 , h_3 і h_4 на рис. 2 визначаються графічно або розрахунковим шляхом. Така модель в

подальшому використана для прогнозування зменшення пільгерголівки за рахунок зменшення окремих частин її профільної ділянки.

При розрахунку таблиці вальцювання нормовані довжини обрізу затравочного кінця труби і пільгерголівки визначалися з досвіду роботи на стані.

Маси затравочного кінця G_3 і пільгерголівки G_T визначалися множенням обсягів V на щільність металу ρ , для конкретної сталі і температури вальцювання (при V в мм^3 , а ρ , кг/м^3 маса $G = \rho \cdot V \cdot 10^{-6}$, кг).

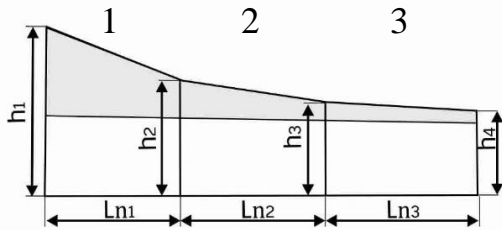


Рис. 2. Розрахункова модель профільної частини пільгерголівки з трьох ділянок 1, 2, 3.

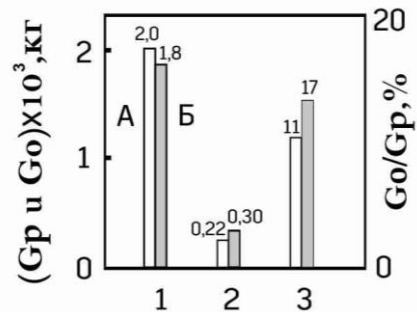


Рис. 3. Абсолютні G_p (1), G_o (2) і відносні G_o/G_p (3) значення мас

За допомогою математичної моделі розрахунку таблиці вальцювання на ТПА 5-12" НТЗ були визначені втрати металу в затравку і пільгерголівку для широкого сортаменту труб 168-299×6-18 мм. На рис. 3-5 як приклад для труб розміром 273×7 мм (А) і 273×18 мм (Б) наведені абсолютні та відносні значення втрат металу G_o , в тому числі в затравку G_3 і пільгерголівку G_2 , а також абсолютні і відносні значення мас складових частин пільгерголівки. Втрати в обрізь G_o на пільгерстані становлять 11-17% маси G_p (рис. 3), втрати в затравку G_3 складають 13,6-18,9% від G_o , а втрати в пільгерголівку - 81,1-86,4% від G_o (рис.4). У масі пільгерголівки G_2 частка недокату G_n становить 8,9-10,39%, частка профільної ділянки G_n 86,19-87,16% і частка ділянки труби G_m - 2,45-4,69% (рис.5).

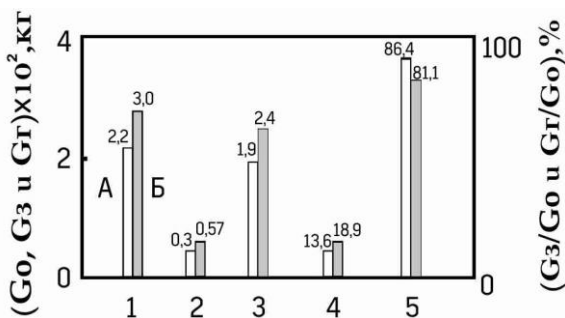


Рис. 4. Абсолютні G_o (1), G_3 (2), G_{n2} (3) та відносні G_3/G_o (4), G_{n2}/G_o (5) значення мас

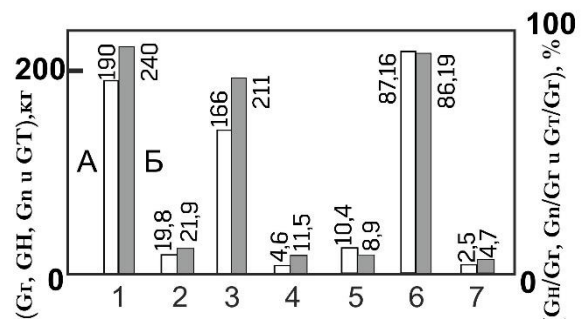


Рис. 5. Абсолютні G_2 (1), G_n (2), G_n (3), G_m (4) і відносні G_n/G_2 (5), G_n/G_2 (6) маси складових частин пільгерголівки

Розрахунки технологічного обрізу на пілігримовому стані дозволили зробити наступні висновки: зі збільшенням діаметра труб обрізь збільшується, зі збільшенням товщини стінки труб при одному і тому ж діаметрі довжина затравки зменшується, що обумовлено зниженням коефіцієнта витяжки, а втрати в пільгерголівку збільшуються в основному за рахунок збільшення маси профільної частини пільгерголівки. На відносну величину втрат металу при пілігримовому вальцюванні впливає число труб, що вальцюються з однієї гільзи. Так, наприклад, для труб 273×7 мм зниження кратності з 3К до 1К збільшує частку обрізу на пільгерстані з 11 до 27%, що підвищує ВКМ. Таким чином, доцільно збільшувати довжину розкату і кратність труб в тих випадках, коли це можливо. Основним резервом зменшення маси пільгерголівки є зменшення маси її профільної частини і недокату для всього сортаменту труб пілігримового агрегату. Проведені дослідження підтверджують значні резерви зниження витрати металу за рахунок зменшення маси затравки і пільгерголівки і використані для прогнозування зниження втрат металу на пільгерстані.

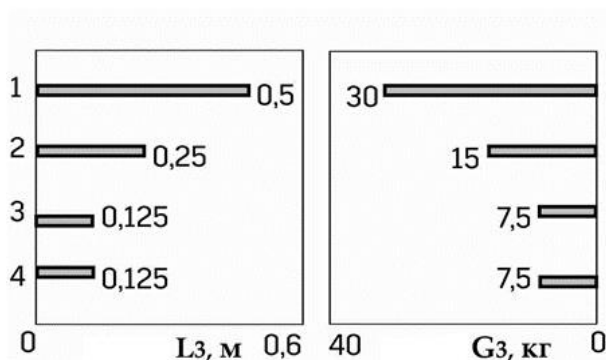


Рис. 6. Прогнозування зниження довжини L_3 і маси G_3 затравки

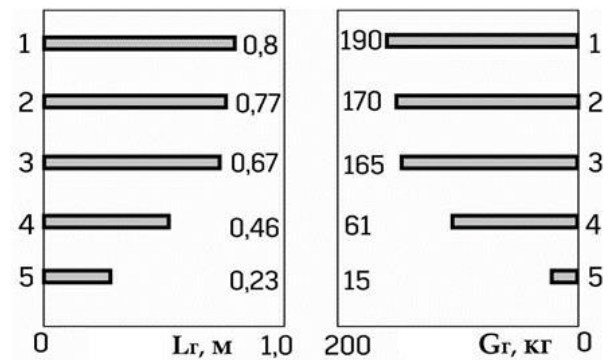


Рис. 7. Прогнозування зниження довжини L_r і маси G_r пільгерголівки

На рис.6 і 7 наведені результати прогнозу зменшення L_3 , G_3 і L_2 , G_2 для труби 273×7 мм. Зменшення нормованої довжини L_3 (1) затравки прогнозується за рахунок підготовки переднього кінця гільзи довжиною $0,5l_0$ (2), за рахунок автоматизації затравочного режиму, кантування гільзи на кут 90° і ін. (3). В результаті обрізь L_3 зменшується з 0,5 до 0,125 м (4), і зменшення довжини L_3 становить до 75%, при відповідному зниженні маси затравки G_3 з 30 кг (1) до 7,5 кг (4), тобто до 75% (рис 6). Зміна нормованої довжини L_2 (1) пільгерголівки прогнозується за рахунок послідовного усунення недокату (2), ділянки труби (3) і частин профільної ділянки пільгерголівки, спочатку частини 1 на рис.2 (3), а потім частини 2 (4). В результаті обрізь L_2 зменшується з 0,8 м до 0,23 м, що становить до 71% при відповідному зменшенні маси G_2 зі 190 до 15 кг або до 92% (рис.7). В роботі вперше прогнозується зменшення G_2 за рахунок усунення окремих частин профільної ділянки пільгерголівки, при якому частина 3, що залишилася нерозвальцьованною, забезпечить надійне зняття розкату з дорном за допомогою шибєрного пристрою.

У третьому розділі «Удосконалення затравочного режиму пілігримового вальцювання труб» представлені результати теоретичних і

експериментальних досліджень нових металозберігаючих технологій підготовки передніх кінців гільз перед пілігримовим вальцюванням.

Затравочний режим складається з двох стадій. Використання попередньо загостреного кінця гільзи відразу ж усуває першу стадію затравки, що скорочує її тривалість і забезпечує задавання гільзи за лінію центрів валків. При цьому може бути досягнуто суттєве зниження тривалості другої стадії за рахунок збільшення подачі, що при довжині загостреного кінця, яка дорівнює половині довжини пільгерголівки має забезпечити скорочення часу затравки до 50%.

Розроблено нову технологію вальцювання і метод розрахунку кінематичних і деформаційних параметрів несталого затравочного режиму пілігримового вальцювання труб з гільз різної довжини. Метод відрізняється тим, що перед пілігримовим вальцюванням визначається довжина кожної гільзи і з її урахуванням вибирається величина швидкості переміщення гільзи до валків.

Для зниження тривалості затравочного процесу при вальцюванні гільз з підготовленим переднім кінцем запропоновано новий режим подачі 2 (рис.8), який змінюється від максимального значення (4-7) m_y на початку процесу до m_y (1) в його кінці за заданою програмою.

$$m = m_M - \frac{m_M - m_y}{n_i} n_{i-1}, \quad (1)$$

де m_M – максимальне значення подачі; n_i – число циклів затравки.

Режим 3 відповідає зміні m при вальцюванні високолегованого металу. Режими 2 і 3 в порівнянні з 1 забезпечують істотне скорочення тривалості затравочного режиму (до 50%) при скороченні втрат металу в затравочний кінець. Це створює технологічні основи автоматизації процесу затравочного режиму, що дозволить знизити допоміжний час до 40% при задачі гільз різної довжини в валки, скоротити тривалість затравочного режиму до 50% і зменшити обрізь затравочного кінця труби за рахунок вибору безаварійного режиму подачі гільзи в валки і її точного дозування за заданою програмою при використанні механічного дозатора подачі подаючого апарату. Таким чином підготовка переднього кінця гільзи є найбільш ефективним заходом для скорочення обрізу в затравку і зниження тривалості затравочного процесу.



Рис. 8. Режими 1, 2 і 3 подачі m при затравці гільзи з підготовленим переднім кінцем

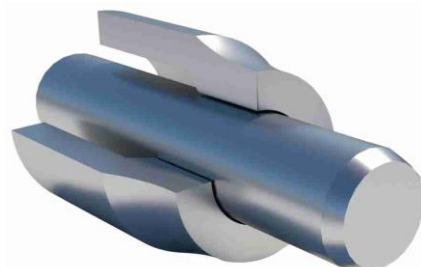


Рис. 9. Підготовлений передній кінець гільзи на дорні (зображення у 3D)

Дослідженнями Я.Л. Ваткіна, А.А. Чернявського, В.В. Перчаніка і ін. було встановлено, що підготовка переднього кінця гільзи за формою бойка пільгервалка доцільна на довжині рівній приблизно половині довжини бойка. Раціональна форма підготовленого переднього кінця гільзи повинна мати вигляд, наведений на рис. 9. При цьому параметри переднього кінця гільзи повинні бути наступні:

$$l = 150-250 \text{ мм}, S_n \cong 0,5 S_2, \alpha = 7-12^\circ, d_n = d_2 - \Delta, \Delta = d_2 - d_o,$$

де d_o – діаметр дорна; S_2 і S_n – товщини стінки гільзи; Δ – проміжок між гільзою і дорном.

Процес обтиснення кінця гільзи конічними бойками відноситься до несталого процесу, в якому кордони осередку деформації мають максимальні розміри в момент закінчення обтиску (рис.10). У будь-якому процесі штампування тут після заповнення штампів металів відбувається видавлювання деякого зайвого обсягу з порожнини штампа в облой. У цій стадії процесу, званого доштамповкой, для деформування заготовки потрібно максимальне зусилля, яке і потрібно визначити для вибору преса.

В роботі удосконалено методику М.В. Сторожева і Е.А. Попова для визначення деформуючого зусилля кінцевої стадії штампування за рахунок урахування сили тертя P_{mp} на контактні бойка з облоєм. Повне зусилля деформації з боку кожного бойка визначається з виразу:

$$P = P_{об} + P_{об}^y + P_{mp}^y, \quad (2)$$

де $P_{об}$ – зусилля, необхідне для деформації металу бойком, Н;

$P_{об}^y$ – вертикальна складова зусилля необхідного для деформації облоя, Н;

P_{mp}^y – вертикальна складова сили тертя на контактній поверхні з облоєм, Н.

$$P_{mp}^y = P_{об} \cdot f \cdot \sin 45^\circ, \quad (3)$$

де f – коефіцієнт тертя на контактні бойка з облоєм.

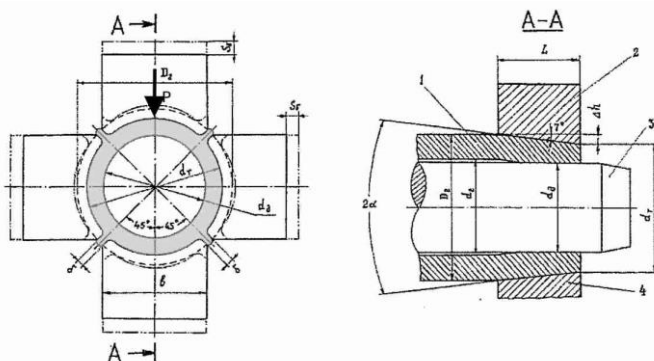


Рис. 10. Схема основного обтиску переднього кінця гільзи на дорні чотирма бойками: 1 – гільза, 2 – бойки, 3 – дорн

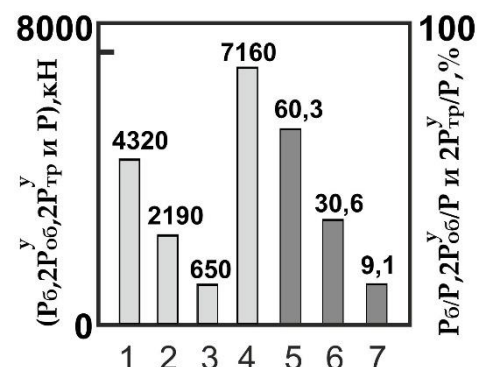


Рис. 11. Абсолютні (1–4) і відносні (5–7) значення зусиль

Зусилля $P_{об}$ деформації гільзи визначали множенням тиску металу на площу контактної поверхні гільзи з бойком. Для визначення $P_{об}$ використані

залежності для знаходження коефіцієнта підпору на поверхні, що контактує з облоєм, наведені в роботі Томсена Є., Янга Ч., Кобаяші Ш.

На рис. 11 наведені абсолютні значення зусиль P_{δ} (1), $2P_{об}^y$ (2), $2P_{тр}^y$ (3), P (4) і відносні значення P_{δ} / P (5), $2P_{об}^y / P$ (6), $2P_{тр}^y / P$ (7) при підготовці переднього кінця гільзи довжиною $l = 0,25$ м зі сталі марки Х18Н12М2Т. Частка сили $2P_{тр}^y$ в загальному зусиллі P становить 9,1%, що підтверджує необхідність врахування цієї сили. Розрахунки повного зусилля деформації P виконані за допомогою методу термомеханічних коефіцієнтів і використані для вибору зусилля гідравлічного преса. Для реалізації процесу нової технології в роботі запропоновано концепцію чотирьохбойкового преса з приводом тільки горизонтальних бойків, яка забезпечує симетричну деформацію кінця гільзи за рахунок однакового обтиску заготовки чотирма бойками при незмінному положенні самої гільзи і менші габарити преса. Максимальне зусилля преса $P_n \approx 16000$ кН.

Для скорочення практично в два рази маси обладнання і використання його для підготовки гільз на два стани запропоновано здійснювати підготовку передніх кінців гільз на короткій циліндричній оправці, діаметр якої дорівнює діаметру дорна пільгерстана з подальшим вилученням оправки з гільзи і зарядки в неї дорна. Розроблено дві схеми ділянки позастанової зарядки з підготовкою кінця гільзи на чотирьохбойковому пресі і на обкатній машині планетарного типу. Використання схеми з пресом передбачає необхідний парк бойків для всього сортаменту гільз. Перевагою другої схеми є використання одного розміру деформуєчих роликів при підготовці всього сортаменту гільз.

Визначено тривалість додаткових операцій по підготовці передніх кінців гільз за двома схемами і встановлено, що час, який витрачається на підготовку переднього кінця гільзи в варіанті з пресом більше, ніж у варіанті з обкатною машиною на 23,8%. Різні габарити обладнання за двома схемами необхідно враховувати при модернізації та реконструкції існуючих ділянок позастанової зарядки, а також при проектуванні нової ділянки.

У четвертому розділі «Нові технології підготовки задніх кінців гільз» представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень, спрямованих на вдосконалення пілігримового вальцювання.

Цілями підготовки задніх кінців гільз перед пілігримовим вальцюванням є: полегшення умов зарядки дорна в гільзу, поліпшення умов затравочного і усталеного процесів за рахунок зменшення зазору між гільзою і дорном; збільшення зчеплення гільзи з дорном перед вальцюванням для зниження обрізу затравочних кінців труб і зменшення часу затравки; збільшення швидкості вальцювання на пільгерстані без сповзання гільзи з дорна в період гальмування гільзи при її накаті в валки.

У зв'язку з тим, що при прошивці гільзи на косовалковому стані її задній кінець має зменшений внутрішній діаметр у порівнянні з іншою частиною гільзи для забезпечення стабільності зарядки в гільзу дорна необхідно збільшувати зазор до 20-30 мм. Для вирішення цієї проблеми запропоновано здійснювати підготовку заднього кінця гільзи на косовалковому прошивному стані, яка полягає в збільшенні внутрішнього діаметра гільзи на її задньому

кінці шляхом переміщення короткої конічної оправки стану в процесі прошивки проти напрямку вальцювання з моменту підходу заднього торця заготовки до валків.

В результаті осевого переміщення оправки на відстань ΔL_x зменшується зазор між валками і оправкою. При цьому потоншення стінки гільзи S_2 складе ΔS_2 . Величина переміщення оправки ΔL_x вибирається таким чином, щоб потоншення стінки гільзи на задньому кінці було в межах 2-6 мм.

Розрахунок параметрів ΔS_2 , ΔL_x і l_k проводиться за формулами (4).

$$\Delta S_2 = S_2 - S_{21}; \quad \Delta L_x = \frac{\Delta S_2}{\sin Y_2} \quad \text{и} \quad l_k = \frac{\Delta L_x \cdot v_{oc}}{v_o} \quad (4)$$

де S_{21} – стінка гільзи на задньому торці, мм; Y_2 – кут вихідного конуса валка, град.; v_{oc} – осева швидкість гільзи, м/с; v_o – швидкість переміщення оправки, м/с.

Розрахунок довжини конічного ділянки гільзи l_k проводиться з урахуванням завдання швидкості оправки v_o і визначення v_{oc} . Вибір параметрів вальцювання не повинен призводити до його зриву у зв'язку зі зростанням осевого опору з боку оправки. Нова технологія забезпечує стабільну зарядку дорна в гільзу і зменшує проміжок Δ між гільзою і дорном, що підвищує ефективність пілігримового вальцювання.

Для збільшення зчеплення гільзи з дорном в роботі запропоновано здійснювати підготовку заднього кінця гільзи перед пілігримовим вальцюванням шляхом його обтиснення на чотирьохбойковому пресі, аналогічному для підготовки переднього кінця гільзи. Умовою утримання гільзи на дорні в період її задачі в валки є:

$$P_{mp} \geq P_{in}, \quad (5)$$

де P_{mp} – сила тертя на контакті гільзи з дорном; P_{in} – сила інерції, прикладена до гільзи.

$$P_{mp} = p_m \cdot F_\delta \cdot f,$$

де p_m – контактне нормальне напруження (тиск) між гільзою і дорном; F_δ – сумарна площа контакту під бойками між гільзою і дорном; f – коефіцієнт тертя на контактній поверхні між гільзою і дорном.

$$P_{in} = m_2 \cdot a_m,$$

де m_2 – маса гільзи; a_m – прискорення гальмування гільзи.

Таким чином, для виконання умови (5) необхідно визначити p_k і F_k при заданих m_2 і a_m . Процес обтиснення гільзи бойками пресу розглядали з двох стадій: вибірки проміжку між гільзою і дорном і створення необхідних сил зчеплення за рахунок додаткового обтиску. Для визначення p_k між гільзою і дорном на першій стадії використані результати рішення відомої задачі для розрахунку товстостінних циліндрів у пружній області, навантажених зовнішнім і внутрішнім тиском.

$$\rho_z = \frac{\rho}{R} \sqrt{R^2 - y^2}, \quad \text{де} \quad \rho = \frac{1,15\sigma_2}{1 - \frac{R^2 + y^2}{R^2 - y^2}} \quad (6)$$

Другу стадію розглядали як стиснення смуги між двома криволінійними плитами, при якому вертикальна сила (уздовж осі OZ) на контакті бойка з гільзою дорівнює силі на контакті гільзи з дорном. Тоді

$$\rho_{BH}^z = \frac{\rho_{BH}}{r_D} \sqrt{r_D^2 - y^2} \quad (7)$$

Необхідне додаткове зусилля $P_{\text{доо}}$ визначається за формулою

$$P_{\text{доо}} = p_{\text{вн}} \cdot F_{\text{д}} \cdot f, \quad (8)$$

при відомому ρ_{BH} за формулою (9) і заданій довжині бойка L

$$\rho_{BH} = \frac{m_r \cdot a_T}{8r_D \cdot L \cdot f \cdot \arcsin b/2R}, \quad (9)$$

Для вибору зусилля преса визначаємо зусилля на бойку за формулою (10)

$$P = P'_{\text{ср}} + P''_{\text{ср}}, \quad (10)$$

де $P'_{\text{ср}}$ та $P''_{\text{ср}}$ – середні значення зусиль на першій і другій стадіях обтиску.

Тоді зусилля преса з приводними горизонтальними бойками $P_n = 2,2 \cdot P$, де 2,2 – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості преса.

Особливістю підготовки заднього кінця гільзи на двобойковому горизонтальному пресі є розташування деформуючих граней бойків під кутом 90° (рис.12).

Визначення нормальних контактних напружень між гільзою і бойком $p_{\text{б}}$ та гільзою і дорном $p_{\text{д}}$ здійснювали за допомогою методу ліній ковзання: $p_{\text{б}} = 0,92\sigma$, $p_{\text{д}} = 1,97\sigma$, де σ – опір деформуванню.

Площа контакту гільзи з бойком

$$F_{\text{б}} = 2 \cdot B_{\text{б}} \cdot L, \quad (11)$$

де $B_{\text{б}}$ – ширина контакту, L – довжина контакту (довжина бойка).

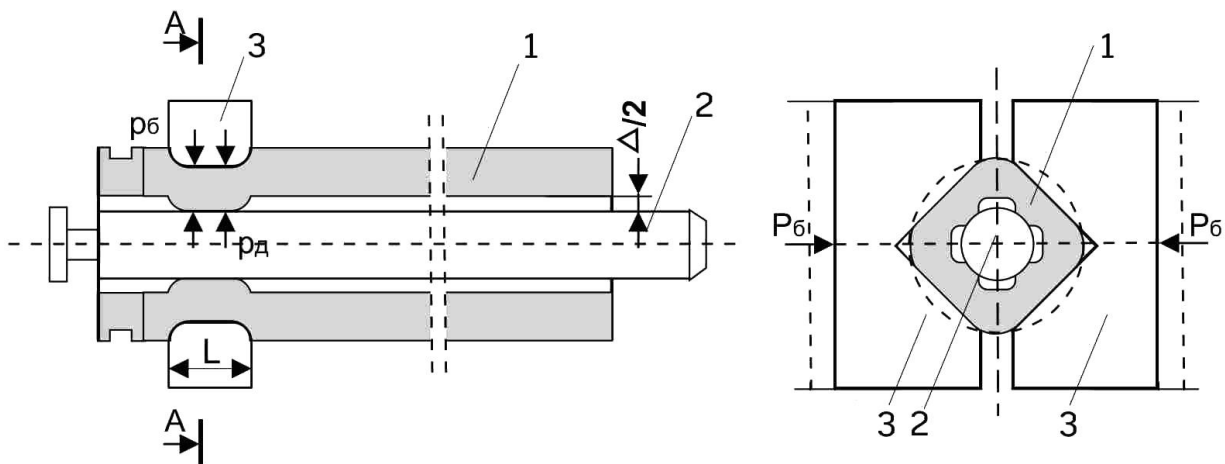


Рис. 12. Схема обтиску заднього кінця гільзи на двобойковому пресі за новою технологією: 1 – гільза, 2 – дорн, 3 – бойки пресу

Площа контакту гільзи з дорном

$$F_{\text{д}} = 4 \cdot B_{\text{д}} \cdot L, \quad (12)$$

де $B_{\text{д}}$ – ширина контакту гільзи з дорном.

При заданій L умова (5) виконується при B_∂ , який визначається за формулою

$$B_\partial = \frac{m_r \cdot a_T}{4 \cdot L \cdot f \cdot 1,97 \sigma_s}, \quad (13)$$

Зусилля преса визначається максимальним зусиллям на бойку

$$P_\partial = p_\partial \cdot F_\partial \quad (14)$$

На чотирьохбойковому пресі необхідний парк бойків, які відповідають числу типорозмірів гільз по діаметру, крім того, необхідний додатковий час для виведення гільзи із зони преса. Підготовка задніх кінців гільз на двобойковому пресі за новою технологією характеризується практично в три рази меншим парком бойків і можливістю видачі гільзи з дорном із зони преса вгору за допомогою кранового маніпулятора, що зменшує час.

У п'ятому розділі «Розробка та дослідження нових металозберігаючих технологій для зниження втрат металу у пільгерголовку» представлені результати теоретичних і експериментальних досліджень нових металозберігаючих технологічних процесів пілігримового вальцювання для зниження втрат металу у пільгерголовку, що є основним резервом зниження витрати металу на пілігримовому стані.

Для вальцювання більш тонкостінних труб були запропоновані нові технології вальцювання гільз встик: редукування стику гільз перед їх розвальцюванням, використання нагрітого вуглецевого патрубку на стику двох гільз з високолегованого металу та ін.

Для зниження маси пільгерголовки запропоновані дві комбіновані технології: перша з яких передбачає використання нового дорнового пристрою (Рис.13), що забезпечує вальцювання пільгерголовки практично без недокатів (1) і зменшення її профільної частини за рахунок збільшеної конусності хвостовика дорна (2) під пільгерголовкою в межах проміжку Δ між гільзою і дорном, що дозволить сумарно знизити масу пільгерголовки (3) на $\sim 22\%$ (рис.14).

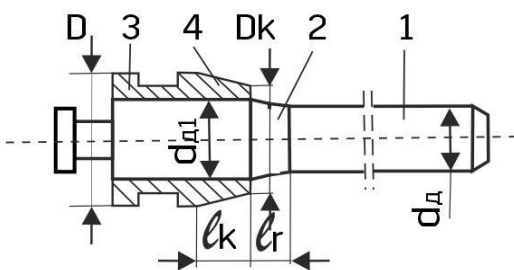


Рис. 13. Дорновий пристрій:
1 – дорн, 2 – конічний хвостовик,
3 – дорнове кільце, 4 – передній кінець кільця

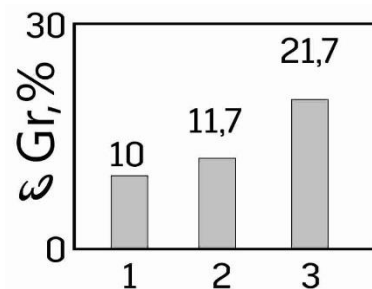


Рис. 14. Зменшення εG_2 при вальцюванні по першій технології

Друга технологія передбачає стоншення заднього кінця гільзи ΔS_2 і відповідне збільшення конусності хвостовика дорна під пильгерголкою. При заданих параметрах проміжку між гільзою і дорном Δ , стоншенням стінки гільзи ΔS_2 і довжини профільної частини пильгерголки l_r , необхідна довжина l_k підготовленого заднього кінця гільзи і кут β_1 конусності хвостовика дорна (рис.15) визначаються за формулами (15):

$$l_k = \frac{l_r \cdot \Delta S_r}{\Delta/2 + \Delta S_r} \quad \beta_1 = \arctg \frac{\Delta/2 + \Delta S_r}{l_r}. \quad (15)$$

Збільшення конусності хвостовика дорна може призводити до стоншування стінки головки менш товщини стінки труби S_n , що неприпустимо при вальцюванні труб з товщиною стінки 6–12 мм. Згідно з другою технологією зменшення маси пильгерголки (рис.16) при використанні дорна з кутом β_1 хвостовика становить 28,7% (3), в тому числі 11,7% (1) за рахунок використання проміжку $\Delta = 20$ мм і 16% (2) – стоншування стінки гільзи $\varepsilon S_2 = 20\%$.

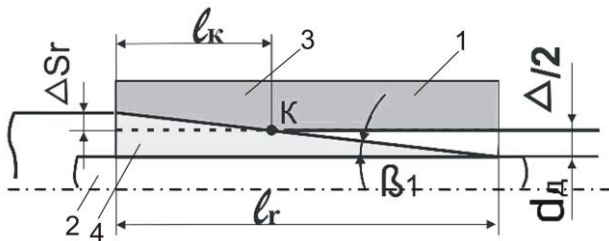


Рис. 15. Схема підготовки заднього кінця гільзи: 1 – гільза, 2 – дорн, 3 – задній кінець гільзи, 4 – хвостовик дорна

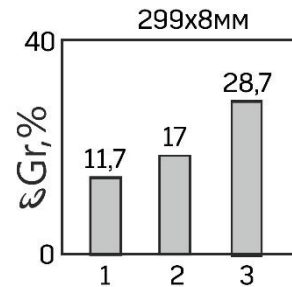


Рис. 16. Зменшення εG_2 при прокатці по другій технології

Процес розвальцювання пильгерголки на вільній ділянці дорна є найбільш ефективним з точки зору зменшення пильгерголки, проте не дозволяє вальцювати труби з $D/S = 12,5-40$ через неможливість зняття труби з дорна. Наукові основи цього процесу закладені в роботах А.П. Чекмарьова, А.А. Чернявського, В.В. Березовського та ін. в яких запропоновано для зниження часу розвальцювання пильгерголки здійснювати змінний режим подачі металу для збереження обсягу подачі в кожному циклі ($V_n = m_i \cdot F_x = \text{const}$) у зв'язку зі зменшенням площі поперечного перерізу F_x пильгерголки.

В роботі удосконалено методику розрахунку режиму подачі шляхом коригування m_i за циклами для забезпечення монотонного збільшення m_i , що дозволяє знизити число циклів розвальцювання. Повне розвальцювання пильгерголки дозволяє збільшити довжину чорнової труби на пильгерстані і знизити витратний коефіцієнт металу на 4,4-6,5%.

Для тонкостінних труб ($D/S = 12,5-40$) розроблена нова технологія, яка полягає в частковому розвальцюванні пильгерголки, що забезпечує зняття труби з дорна за допомогою шибєрного пристрою (рис.17). При цьому

пільгерголовку представляють у виді двох частин 1 і 2, параметри яких визначаються за формулами (16):

$$l_r = l_{rk} + \Delta l_r \quad \Delta l_r = l_r \frac{\mu_k - 1}{\mu_s - 1}, \quad (16)$$

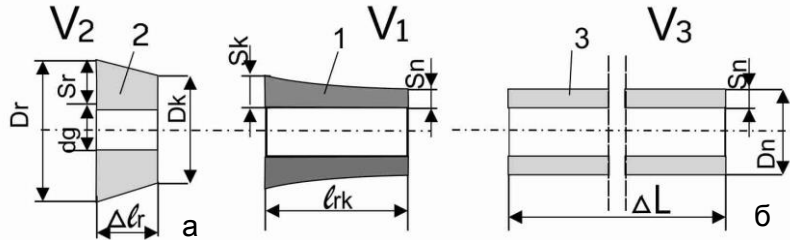


Рис. 17. Поділ пільгерголовки на дві частини 1 і 2 (а) і подовження труби 3 ΔL (б)

За новою технологією частина 2 пільгерголовки розвальцьовується, а частина 1 залишається нерозвальцьованою. Поділ пільгерголовки на дві частини 1 і 2 здійснюється таким чином, щоб товщина стінки S_k , названа «критичною», дозволила зняти розкат із дорна. Розвальцьована частина 2 збільшує довжину чорновий труби на величину ΔL , яка визначається з рівності об'ємів $V_2 = V_3$ (рис.18).

Аналіз зміни $n_{\text{ц}}$ при розкатці пільгерголовки за двома режимами подачі: 1 – $m_i = \text{const}$, 2 – $m_i = V_n / F_x$ показав, що другий режим майже в 2 рази зменшує $n_{\text{ц}}$ і час розкатки, а зі збільшенням S_k число циклів знижується на 47% в зв'язку зі зменшенням Δl_r (рис. 19).

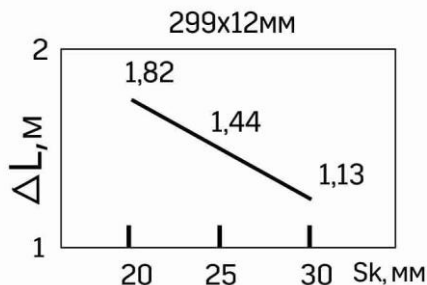


Рис. 18. Зміна ΔL в залежності від S_k

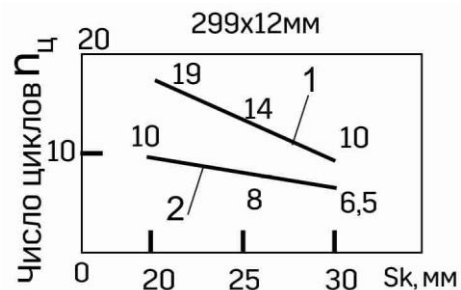


Рис. 19. Зміна $n_{\text{ц}}$ в залежності від S_k та режиму подачі: 1 – $m_i = \text{const}$, 2 – $m_i = V_n / F_x$

В роботі запропоновані шляхи подальшого вдосконалення процесу розвальцьовування пільгерголовки на вільній ділянці дорна.

При розвальцьованні пільгерголовки запропоновано зменшення кутової швидкості валків і кантування гільзи на кут 90° незалежно від величини відкату. Для вирішення однієї з головних проблем цього процесу - значного зсуву розкату по дорну в напрямку обертання валків в перших циклах (до 400 мм) в роботі запропоновано шляхи зменшення цього зміщення за рахунок, зниження динамічного впливу валків і створення заднього натягу на розкат за рахунок обтиску його бойками преса у вивідному жолобі стану. Для підвищення надійності зняття розкату з дорна, особливо після розвальцьовування

пільгерголівки, в роботі запропоновано дві нові технології, перша з яких передбачає фіксацію розкату двома шиберами (верхнім і нижнім), симетрично розташованими відносно осі дорна, а друга – зняття труби з дорна без шибєрного пристрою за рахунок обтиску заднього кінця розкату без пільгерголівки матрицями преса на вихідній стороні пільгерстану.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. У дисертаційній роботі виконано нове рішення науково-технічної задачі, яка полягає в розробці елементів теорії та нових металозберігаючих технологій виробництва труб широкого розмірного і марочного сортаменту на пілігримових агрегатах. Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні удосконаленої технології виробництва труб широкого розмірного і марочного сортаменту на пілігримових агрегатах, що забезпечує підвищення їх конкурентоспроможності.

2. Аналіз якості труб $D/S < 6$ з вихідної БЛЗ круглого поперечного перерізу показав можливість вальцювання таких труб без пільгерголівок. За допомогою уточненої математичної моделі досліджені втрати металу на пілігримовому агрегаті, що дозволило вперше здійснити комплексне прогнозування зниження маси затравки і пільгерголівки.

3. Розроблено технологічні основи автоматизації затравочного режиму, що забезпечуються змінними режимами подачі за заданою програмою. Запропоновано нові технологічні процеси підготовки передніх кінців гільз, один з яких передбачає обтиснення кінців гільз на чотирьохбойковому гідравлічному пресі, а інший – деформацію кінця гільзи планетарної обкаткою холостими валками.

4. Розроблено нові процеси підготовки задніх кінців гільз на прошивному стані поперечно-гвинтової прокатки і редукування заднього кінця гільзи на дорні обтисненням профільними бойками гідравлічного преса перед пілігримовим вальцюванням. Перша технологія дозволяє полегшити зарядку дорна в гільзу. Друга технологія забезпечує надійне зчеплення гільзи з дорном, що дозволяє збільшити швидкість прокатки на 20–40% і зменшити обріз затравочних кінців труб.

5. Розроблено нові технології для зниження втрат металу в пілігримову головку. При прокатці гільз встик рекомендовано попереднє редукування стику гільз, використання вуглецевих кілець між гільзами з високолегованої сталі, що стикуються, комбіновані методи зменшення пільгерголівки за рахунок збільшення діаметра хвостовика дорна, усунення недокатів і стоншування заднього кінця гільзи.

6. Отримав подальший розвиток метод розкочування пілігримової головки на вільній ділянці дорна. Вперше отримав наукове обґрунтування метод часткового розкочування пільгерголівки при вальцюванні труб з $D/S = 12,5 - 40$.

7. Запропоновано напрями подальшого розвитку процесу розвальцювання пілігримової головки на вільній ділянці дорна за рахунок: зниження кутової швидкості валків пілігримового стану; застосування постійного кута

кантування гільзи (90^0), забезпечення мінімального зміщення розкату по дорну в перших циклах процесу, а також підвищення надійності вилучення дорна з розкату.

8. Результати роботи прийняті до впровадження на ПАТ «Інтерпайп НТЗ», а також впроваджені в навчальний процес в Національній металургійній академії України та можуть бути використані при модернізації та реконструкції діючих агрегатів. На розроблені в дисертаційній роботі нові технологічні та технічні рішення отримано 16 патентів України.

Основні публікації за темою дисертації

Наукові праці, в яких опубліковані наукові результати дисертації:

Монографія:

1. Балакин В. Ф. Пути снижения массы пилигримовой головки/ Балакин В.Ф. Стасевский С. Л., Ксенз А. А. Угрюмов Ю. Д., Гармашев Д. Ю. // В сб. «Совершенствование производства стали, труб и железнодорожных колес». Коллективная монография. Под редакцией Величко А. Г., Большакова В. И., Балакина В. Ф. – Днепропетровск; ЧМП «Экономика», 2015, – 500 с.

Публікації у фахових виданнях України:

2. Стасевский С. Л. Пути уменьшения технологической обрезки на пилигримовом стане / Стасевский С. Л., Гармашев Д. Ю., Угрюмов Ю. Д., Ксенз А. А. // Вісник НТУ «ХП» Серія – «Нові рішення в сучасних технологіях» - Харків: НТУ «ХП», – 2013, – № 43 (1016) – с. 211-220.

3. Стасевский С. Л. Направления модернизации оборудования трубопрокатного агрегата 5-12" с пилигримовыми станами ПАО «Интерпайп НТЗ» / Стасевский С. Л., Степаненко А. Н., Угрюмов Ю. Д., Павловский Б. Г., Угрюмов Д.Ю. // Вісник НТУ «ХП» Серія «Іноваційні технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії» – Харків: НТУ «ХП», – 2014, – № 5 (1048) – с. 80-94.

4. Павловский Б. Г. Определение технологической обрезки на пилигримовых станах и прогнозирование ее уменьшения / Павловский Б. Г., Стасевский С. Л., Угрюмов Ю. Д., Гринев А.Ф. // Металлургическая и горнорудная промышленность, № 3, – Днепропетровск, 2016, – с. 78-94.

5. Балакин В.Ф. Проектирование новых технологических процессов подготовки передних концов гильз к пилигримовой прокатке / Балакин В.Ф., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Добряк В.Д., Гринев А.Ф. // Металлургическая и горнорудная промышленность, № 2, – Днепр, 2018, – с. 45-51.

6. Балакин В.Ф. Развитие методов снижения потерь металла в пилигримовую головку при горячей прокатке труб / Балакин В.Ф., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Добряк В.Д., Гринев А.Ф. // Металлургическая и горнорудная промышленность, № 2 – Днепр, 2018, – с. 52-59.

7. Балакин В.Ф. Совершенствование подготовки гильзы к прокатке на пилигримовом стане / Балакин В.Ф., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Добряк В.Д. // Металлургическая и горнорудная промышленность, № 4, - Днепр, 2018, с. 39-44.

8. Стасевский С.Л. Проблемы свободной раскатки пильгерголовки и пути из решения / Стасевский С.Л., Балакин В.Ф., Угрюмов Ю.Д. // В сб. ДДТУ «Теория, технология и машины обработки металлов» Темат. выпуск, 133с., Каменское, 2020, - с. 8-12

Статті в науково-технічних виданнях:

9. Балакин В.Ф. / Проектирование ресурсосберегающих технологий горячей пилигримовой прокатки труб // Балакин В.Ф. Перчаник В.В., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Угрюмов Д.Ю. Пластическая деформация металлов: Сборник научных трудов, т. 2 – Днепропетровск, 2014 – с. 116-120.

10. Сокуренок В.П. Снижение расхода металла при горячей периодической прокатке труб за счет уменьшения массы пилигримовой головки / Сокуренок В.П., Гармашев Д.Ю., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Ксенз А.А. // Черная металлургия. Бюл. НТИ, № 2, – Москва, 2014, – с. 74-82.

11. Balakin V.F. Problems of rolling the pilgrime head and ways of their solution. Message 1. / Balakin V.F., Stasevsky S.L., Ugryumov Y.D. // International periodic scientific journal. Sworld journal, Issue 6, part 1, December 2020, INDEXCOPERNICUS (icv: 69.6), p. 12-29

12. Балакин В.Ф. Совершенствование горячей пилигримовой прокатки за счет управления зазором между гильзой и дорном / Балакин В.Ф., Стасевский С.Л., Добряк В.Д., Угрюмов Ю.Д. // В сб. научных трудов ИЧМ НАН Украины. «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии», вып. 30, – Днепропетровск, 2015, – с. 245-259.

13. Balakin V.F. Problems of rolling the pilgrime head and ways of their solution. Message 2. / Balakin V.F., Stasevsky S.L., Ugryumov Y.D. // В сборнике International Periodic Scientific Journal “Modern Engineering and Innovative Technologies” Issue 14, Part 1, November 2020 // INDEXCOPERNICUS (ICV:84.35) – с. 67-84.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

14. Балакин В.Ф. Проектирование ресурсосберегающих технологий горячей пилигримовой прокатки труб. X міжнародна науково-технічна конференція «Пластична деформація металів» (Дніпропетровськ: НМетАУ. 19-23 травня 2014, с. 30) / Балакин В.Ф., Перчаник В.В., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д., Угрюмов Д.Ю.

15. Новые металлосберегающие технологии производства труб на пилигримовых агрегатах. XI міжнародна науково-технічна конференція «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії» (м. Харків, НТУ «ХПІ», 20-22 листопада 2019 / Балакин В.Ф., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д.

16. Пути совершенствования производства труб на пилигримовых агрегатах. XI міжнародна науково-технічна конференція «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів та обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії (м. Харків, НТУ «ХПІ», 20-22 листопада 2019» Балакин В.Ф., Стасевский С.Л., Угрюмов Ю.Д.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Спосіб гарячої пілігримової прокатки тонкостінних труб: пат. 129752 Україна, МПК В21В 21/00 (2018.01). №u201805077; заявл. 08.05.2018; опубл. 12.11.2018; Бюл. № 21. 9с.

18. Спосіб зміни дорна з дорновим кільцем для пілігримової прокатки труб: пат. 100527 Україна: МПК В21В21/00, В21В 25/06 (2015.01). №u201501778; заявл. 27.02.2015; опубл. 27.07.2015, Бюл. № 14. 4с.

19. Спосіб гарячої пілігримової прокатки труб: пат. 86284 Україна: МПК В21В 21/00 (2013.01). №u201307664; заявл. 17.06.2013; опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24. 6с.

20. Дорновий пристрій пілігримового стану: пат. 91209 Україна: МПК В21В 25/00, В21В 21/00 (2014.01). №u201400695; заявл. 24.01.2014; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12. 8с.

21. Спосіб прокатки труб на агрегаті з пілігримовим станом: пат. 88265 Україна: МПК В21В 21/00 (2014.01). №u201311005; заявл. 16.09.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5. 6с.

22. Спосіб прокатки труб на трубопрокатному агрегаті з пілігримовими станами: пат. 88524 Україна: МПК В21В 21/00 (2014.01). №u201309695; заявл. 05.08.2013; опубл. 25.03.2014, Бюл. № 6. 8с.

23. Спосіб гарячої пілігримової прокатки труб: пат. 103557 Україна: МПК В21В21/00, В21j1/00 (2014.01). №u201505353; заявл. 02.06.2015; опубл. 25.12.2015, Бюл. № 24. 6с.

24. Спосіб гарячої пілігримової прокатки труб: пат. 103350 Україна: МПК В21В21/00 (2014.01). №u20150639; заявл. 25.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23. 7с.

25. Спосіб підготовки гільзи до прокатки на пілігримовому стані: пат. 103349 Україна: МПК В21В21/00 (2014.01). №u201506308; заявл. 25.06.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23. 7с.

26. Спосіб підготовки гільзи до прокатки на пілігримовому стані: пат. 102601 Україна: МПК В21В21/00 (2015.01). №u201504026; заявл. 27.04.2015; опубл. 10.11.2015, Бюл. № 21. 7с.

27. Спосіб підготовки переднього кінця гільзи перед прокаткою: пат 103190 Україна: МПК В21В21/00 (2015.01) №u201504726; заявл. 15.05.2015; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 23. 9с.

28. Спосіб підготовки переднього кінця гільзи перед прокаткою: пат 104370 Україна: МПК В21В21/00 (2016.01). №u201507103; заявл. 16.07.2015; опубл. 25.01.2016, Бюл. № 2. 7с.

29. Пристрій для моделювання радіального обтискання порожнистої заготовки: пат. 89455 Україна: МПК В21J 1/04, В21J 1/06 (2006.01). №u201311756; заявл. 04.10.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. 6 с.

30. Спосіб прокатки труб на трубопрокатному агрегаті з пілігримовими станами: пат. 88197 Україна: МПК В21В 21/00 (2014.01). №u201308584; заявл. 08.07.2013; опубл. 11.03.2014, Бюл. № 5. 6с.

31. Чотирибойковий кувальний пристрій: пат. 92316 Україна: МПК В21J 13/00 (2014.01). №u201302654; заявл. 17.03.2014; опубл. 11.08.2014, № 15. 6с.

32. Спосіб пілігримової прокатки труб у несталому затравочному режимі: пат. 136190 Україна: МПК В21В21/00 (2019.01). №u201301600; заявл. 18.02.2019; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15. 8 с.

АНОТАЦІЯ

Стасевський С. Л. Удосконалення ресурсозберігаючих технологій на основі розвитку розрахунків параметрів виробництва гарячекатаних труб нафтогазового сортаменту – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском» – Національна металургійна академія України, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, 2021.

Дисертація спрямована на розвиток металозберігаючих технологій виробництва гарячедеформованих труб широкого розмірного і марочного сортаменту на ТПА з пілігримовими станами. У дисертаційній роботі виконано нове рішення науково-технічної задачі, яка полягає в розробці елементів теорії та основ нових металозберігаючих технологій виробництва труб, що забезпечують значне скорочення технологічної обрізи у затравку та пільгерголовку на пілігримових станах.

Завдання вирішується шляхом теоретичного і експериментального дослідження процесів гвинтового та періодичного вальцювання, а також радіального обтискання кінців гільз на гідравлічних кувальних пресах.

Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні нових конкурентоспроможних технологій виробництва труб на ТПА з пілігримовими станами із круглої безперервнолитої заготовки. Розроблені нові технології підготовки передніх та задніх кінців гільз на косовалкових прошивних станах, обкатних машинах планетарного типу і гідравлічних кувальних пресах, що забезпечують зниження маси обрізи затравочних кінців труб на 50-75%, зменшення часу затравки до 50% та збільшення продуктивності пілігримового стану на 1,5-3,0 %.

Отримало подальший розвиток дослідження процесу періодичного розвальцювання задніх кінців гільз на вільній ділянці дорну, що дозволило удосконалити технологію розвальцювання пільгерголівки і знизити її масу на 40-85 % в залежності від відношення D/S труб.

Ключові слова: труба, пільгровий стан, гільза, дорн, затравка, пільгерголівка, економія металу, косовалковий стан, гідравлічний кувальний прес.

ABSTRACT

S.L. STASEVSKY. Improvement of resource-saving technologies based on the development of calculations of parameters for the production of hot-rolled oil and gas pipes - Qualifying scientific work as a manuscript.

Dissertation thesis in support of candidature for a technical degree in speciality 05.03.05 – Processes and machines of chipless shaping. - National Metallurgical Academy of Ukraine, Kremenchuk Mykhailo Ostrogradsky National University, Kremenchuk, 2021.

The dissertation thesis is aimed at the development of metal-saving technologies for the production of hot-deformed pipes of a wide size and grade assortment at the pipe-rolling plants with pilgrim mills.

In the dissertation thesis, a new solution of the scientific and technical problem has been completed, which consists in developing elements of the theory and the foundations of new metal-saving pipe production technologies, that provide a significant reduction in the technological shorts in dummy and pilger head on the pilgrim mills. The problem is solved by theoretical and experimental studies of the processes of the screw and periodic rolling, as well as radial compression of the ends of the shells on hydraulic forging presses.

The practical significance of the results obtained is the creation of the new competitive technologies for the production of pipes at the pipe-rolling plants with pilgrim mills from continuous cast steel billet. New technologies have been developed for preparing the front and rear ends of the shells on the rotary piercer, planetary-type rolling machines and hydraulic forging presses, which provide a reduction in the mass of the shorts of the seed ends of the pipes by 50-75%, a decrease in the seed time to 50% and an increase in productivity of the pilgrim mill by 1.5 -3.0%.

The study of the process of periodic rolling of the rear ends of the blooms on the free section of the mandrel was further developed, which made it possible to improve the technology of rolling the pilger head and reduce its mass by 40-85% depending on the D/S ratio.

Key words: pipe, pilgrim mills, bloom, mandrel, dummy, pilger head, metal economy, rotary piercer, hydraulic forging press.

Підписано до друку 11.03.2021 Формат 60×84/16

Папір друк. Друк. – різнограф. автор. арк. 0,8

Наклад 100 прим. Замовлення № 08/21.

Видавець і виготовлювач Дніпровський державний технічний
університет.

51918, м. Кам'янське, вул. Дніпробудівська, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта до видавничої справи до державного
реєстру видавців: серія ДК № ДК № 5399 від 26.07.20017р.