

Посилання

1. Некрасов С.С. Технология сельскохозяйственного машиностроения: учебное пособие / С.С. Некрасов, И.Л. Приходько, Л.Г. Баграмов. - М.: Колос, 2004. - 360 с.
2. Михальченков А.М. Способ упрочняющего восстановления стрелчатых лап культиваторов различного назначения // патент России № 2527558. 2014. Бюл. № 25
3. Михальченков А.М. Восстановление стрелчатых лап / А.М. Михальченков, С.А. Феськов, Н.А. Якушенко // Сельский механизатор. – 2014. –С.36-37.
4. Лялякин В.П. Состояние и перспективы упрочнения и восстановления деталей почвообрабатывающих машин сварочно-наплавочными методами / В.П. Лялякин, С.А. Соловьев, В.Ф. Аулов // Труды ГОСНИТИ. – 2014. – том 115. – С.96
5. Мацепуро В.М. Разработка метода физического моделирования процессов почвообработки в условиях почвенных каналов / В.М. Мацепуро, Г.Н. Кожевников, П.Н. Бурченко // Труды ВИМ. М., 1975. – Т. 69. – С. 58–91.
6. Ахметшин Т.Ф. Повышение износостойкости и долговечности стрелчатых лап культиваторов: дисс. канд. техн.наук. М., 1988.
7. Матюк В.Ф. Контроль структуры, механических свойств и напряженного состояния ферромагнитных изделий методом коэрцитиметрии / В.Ф. Матюк, В.Н. Кулагин // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – №3. – С. 4-14.
8. Безлюдько Г.Я. Оценка усталостного и напряженно-деформированного состояния металлоконструкций и оборудования, включая прогноз остаточного ресурса, по измерениям магнитной характеристики – коэрцитивной силы / Г.Я. Безлюдько, Б.Е. Попов, Р.Н. Соломаха // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2014. – №1. – С. 55-58.

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ХОЛОДНОЇ ПІЛЬГЕРНОЇ ПРОКАТКИ ТРУБ НА СТАНАХ ХПТ ІЗ ЧОТИРЬОХВАЛКОВОЮ КЛІТТЮ

Аспірантка А.Л. Сиротенко,

ст. викладач¹, директор центру² С.М. Зінченко

¹ кафедра Теорії, технології та автоматизації металургійних процесів УДУНТ
(Нікопольський факультет)

² Нікопольський регіональний центр моніторингу освіти та соціального партнерства
Український державний університет науки і технологій (УДУНТ)
м. Дніпро, Україна

Вступ та сучасний стан досліджуваної проблеми.

В двадцятому столітті, був винайдений в Німеччині, процес холодної пільгерної прокатки, який широко використовується в трубному виробництві. Цей спосіб став основним для виробництва труб із високолегованих та корозійностійких сталей і сплавів. Дані процеси дозволяють досягти великих степенів деформації без руйнування металу, здійснити виробництво

холоднодеформованих труб з великими коефіцієнтами витягання, у зв'язку з важливою роллю пластичних властивостей металів. Спосіб холодної пільгерної прокатки труб, реалізований на станах періодичної холодної прокатки труб з клітями валкового типу станів ХПТ.

За аналізом вітчизняної та зарубіжної технічної літератури, нормативної документації трубних підприємств, з урахуванням особливостей прокатки труб на станах ХПТ-4В, серед науковців необхідно відзначити таких як: Шевякіна Ю.Ф., Попова М.В., Семенова О.О., Орлова Г.О., Осади Я.Є., Фролова В.Ф., Белікова Ю.М. та ін. Проте, зараз існують тільки поодинокі наукові дослідження, предметом яких є наукові розробки, які сприяють розвитку способу пільгерної прокатки та удосконаленню технологій виробництва холоднодеформованих труб на станах ХПТ-4В.

Мета та завдання статті. Проаналізувати ефективність використання станів ХПТ-4В у трубному виробництві.

Для досягнення цієї мети було поставлені наступні завдання:

- дослідити і теоретично обґрунтувати доцільність використання станів ХПТ-4В у виробництві холоднодеформованих труб, з урахуванням інтенсивної пластичної деформації при обробці металів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Поряд з високими техніко-економічними показниками, одним з яких – суттєве зниження циклічності, найбільш важливим результатом експлуатації станів дворядної прокатки є можливість отримання якісних труб з рівномірною дрібнозернистою, в деяких випадках, субдрібнозернистою структурою в локальних обсягах, що визначає якісно новий рівень механічних та структурно-чутливих властивостей готових труб.

Відмінними особливостями дворядної прокатки на станах ХПТ є деформація заготовки, яка здійснюється на нерухомій оправці (криволінійної, двоконусної, конусної) у двох рядах валків, що зворотно-поступально переміщуються. Вони забезпечені калібрами, напівдисками з рівчачками змінного профілю. Використання дворядної схеми прокатки дозволяє підвищити продуктивність станів ХПТ у 1,5-2 рази, скоротити у 1,5-2 рази циклічність виробництва (кількість прокатних переходів, термообробки), стійкість прокатного інструменту, розширити діапазон труб, що прокатуються на одному трубопрокатному обладнанні.

Сутність дворядної періодичної прокатки полягає в тому, що в одній клітці стану ХПТ послідовно розташовуються дві пари валків з періодичним профілем рівчаків калібрів і заготовки, що прокочується, знаходиться одночасно в двох осередках деформації, причому деформація за діаметром і товщиною рівчачка здійснюється в кожному ряду валків, що підвищує сумарну деформацію за прохід. При такому розташуванні валків досягається збільшення сумарної довжини їхньої робочої частини у 1,8-1,9 рази, при одночасному зменшенні їх діаметра та вихідної довжини ходу клітці, а маса клітці зростає всього на 2,5% (рис. 1).

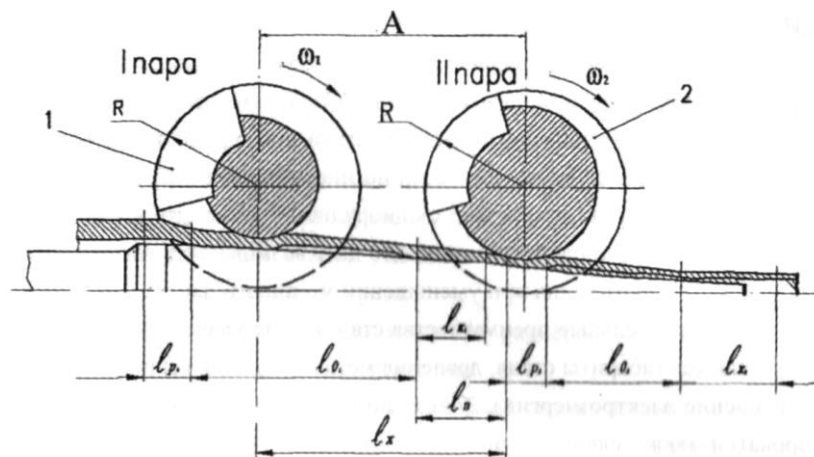


Рисунок 1 – Схема пільгерної прокатки труб на станах ХПТ:

A – відстань між осями валків вхідного та вихідного рядів; l_{p1} ; l_{p2} – довжина зони редукування вхідного та вихідного рядів валків; l_{o1} ; l_{o2} – довжина зони обтиснення вхідного та вихідного рядів валків; l_{k1} ; l_{k2} – довжина зони калібрування вхідного та вихідного рядів валків; ω_1 ; ω_2 – кутова швидкість валків вхідного та вихідного рядів.

Порівняно зі станами з гвинтовими ривчаками калібрів, стани дворядної прокатки мають відмінну, на перший погляд, малозначну особливість – наявність кінематичної взаємодії двох осередків деформації. Як з'ясувалося згодом, це дозволяє отримувати ультрадрібнозернисту структуру металу в локальних обсягах, і як наслідок, виробляти труби високої точності, що мають високі механічні властивості та низьку різнозернистість структури металу. Тільки на станах даного типу, за рахунок особливого режиму осьового підпору, між парами валків можливе зменшення відносної ексцентричної різностінності заготовки у 3-5 разів, а поздовжньої різностінності – у 5-10 разів, що дозволяє отримувати холоднокатані труби високої якості.

Продовженням досліджень дворядної прокатки стала розробка, наприкінці 80-х років минулого століття, стану ХПТ і виробництва труб з нержавіючої сталі типу X18N10T, з коефіцієнтом витяжки в межах $\mu = 1200-1250$ за кілька проходів, без єдиної термообробки, що відповідає ступеню деформації 99,9%. Як приклад такої деформації, зі заготовки 89x9 мм, отримали труби 5,5x0,1 мм. Проведені дослідження науковцями показали, що за такої деформації метал переходить практично в аморфний стан.

На думку науковця Фролова В.Ф., який стверджував, що характер зміни механічних властивостей металу, під час холодної пільгерної прокатки, визначається такими факторами: степінь деформації, початкове значення і приріст температури металу за довжиною робочого конусу, дрібність деформації [1].

Застосувавши нові режими деформації, при виготовленні дослідної партії труб зі сталі типу X18N10T, на стані ХПТ-90 з двома рядами валків, за один прохід прокатали труби за маршрутом 85,4x4,3 на 19,9x0,9, з коефіцієнтом витяжки $\mu = 20,4$.

Під інтенсивною пластичною деформацією розуміється деформаційна обробка металу, за схемою простого зсуву, при температурі нижче за температуру рекристалізації, в умовах високих прикладених тисків. Інтенсивна пластична деформація (ІПД) (Severe Plastic Deformation (SPD)) – це група процесів обробки металів тиском, які дозволяють здійснювати велику пластичну деформацію матеріалів, практично, без зміни розмірів зразка. Величина еквівалентної деформації, що визначає зміну структури та властивостей матеріалу, на порядок і більше перевищує при ІПД значення, характерні для таких традиційних процесів обробки тиском, як прокатка, тощо.

Значне збільшення деформації досягається, в основному, завдяки двом факторам:

- 1) немонотонному, найчастіше, циклічному навантаженню матеріалу;
- 2) високому гідростатичному тиску в осередку деформації.

Пластична деформація тіла, безумовно, вносить суттєві особливості явища, що відбуваються на його поверхні при терті. Поки що, вони досліджені недостатньо.

Багаторічні дослідження ІПД дозволили виділити низку вимог до методів її реалізації для ефективного формування ультрадрібнозернистих структур: обробка за схемою простого зсуву, температура обробки менше ніж температури початку рекристалізації, немонотонність деформації, можливість отримання структур, що мають переважно більш кутові границі зерен, формування однорідних структур з усього зразка, відсутність механічних дефектів.

З метою підвищення технологічної пластичності металу, підвищенню продуктивності стану ХПТ, був розроблений та досліджений вченими Поповим М.В., Вахрушевим В.С. спосіб холодної пільгерної прокатки з деформацією за діаметром і товщиною стінки одночасно у двох парах рівчаків калібрів на оправці стана ХПТ.

З дослідження процесів виробництва холоднодеформованих прецизійних труб пільгерної прокатки на стані ХПТ90-4В, в умовах ПрАТ «СЕНТРАВІС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН» слідує, що факторами, які зумовлюють отримання високої точності труб при дворядній прокатці є:

- збільшення у 2 рази загальної довжини робочої зони прокату; що сприяє усуненню поздовжньої різностінності;
- інтенсивніше зниження ексцентричної різностінності в зоні редукування вхідного ряду валків, за рахунок дії стискаючих осьових зусиль з боку вихідного ряду валків;
- інтенсифікація зниження ексцентричної різностінності в зоні редукування вихідного ряду валків через деформацію зміцненого металу;
- знакозмінні деформації кручення між двома осередками деформації, які видозмінюють залишкову (після деформація у вхідному ряду валків) ексцентричну різностінність у різностінність, яка подібна до

дрібноперіодичної, яка ефективно розкочується при деформації за товщиною стінки у вихідному ряду валків;

- підвищення точності у поперечному і поздовжньому перерізі труб за діаметром 0,05-0,15 мм за рахунок подовженої у 1,5 рази ділянки, яка калібрується у вихідному ряду валків і зниження розвалу рівчака калібрів у цьому ряду, за рахунок застосування оправки зі зменшеною конусністю порівняно з конусністю оправки у вхідному ряду валків.
- підвищення точності стінки до 3-8%.
- великий обтиск за стінкою, дозволяє отримати спеціальні структури матеріалів, які підвищують міцність котельних труб у 1.5-2 рази.
- тільки при дворядній прокатці труб, за рахунок силової взаємодії між двома миттєвими осередками деформації, ексцентрична та поздовжня різностінність трубної заготовки знижується у 6-8 разів.

Порівняльні результати стійкості інструменту (калібрів та оправок) при дворядній прокатці, отримані на станах ХПТ, в умовах трубних підприємств м. Нікополь, наведені в таблиці 1. Ці результати показують, що при дворядному прокатуванні стійкість інструменту значно вища, ніж при однорядній прокатці (при холодній прокатці труб з титану – у 5-7 разів).

На станах ХПТ90-4В з використанням стандартної тензометричної апаратури була заміряна вертикальна складова тиску металу на валки, на обидва ряду валків, осьове зусилля на заготовку, яке створюється вхідним рядом валків, і силою струму двигуна головного приводу. Результати вимірювання енергосилових параметрів наведено у таблиці 2. За результатами таблиці 2: зусилля на валок при максимальній подачі (11 мм) становить 950 кН, що на 37% менше припустимої величини (1500 кН). При цьому, осьове зусилля на заготовку не перевищує 130 кН. Максимальне значення сили струму головного двигуна – 320 А. Силкові параметри при дворядній прокатці, за маршрутом 38×3,1–16×1,2 мм, на стані ХПТ32-4В було визначено розрахунковим шляхом. Встановлено, що максимальне зусилля на валки (у вхідному ряду) нижче за допустиме на 40-45 % навіть при величині подачі 10 мм. При цьому осьове зусилля на заготовку менше допустимого на 30-35%.

Таблиця 1 – Стійкість калібрів та оправок холодної пільгерної дворядної прокатки на станах ХПТ-4В

№ П/п	Марка сталі труб	Калібри (тис. м)			Оправки (тис. м)		
		ХПТ32-4В	ХПТ55-4В	ХПТ90-4В	ХПТ32-4В	ХПТ55-4В	ХПТ90-4В
1	Нержавіючі сталі	25-30	35-40	45-55	2,0-3,5	3,5-4,5	7,0-7,5
2	Вуглецеві (сталь 10; 20)	30-40	35-50	45-70	2,0-3,5	3,0-5,0	6,0-8,0
3	Сплави титану	20-30	35-40	25-50	1,5-2,5	4,0-6,0	8-10,0

Таблиця 2– Енергосилові параметри прокатки труб за маршрутом 93x7,5 – 38x3,1 мм на стані ХПТ90-4В

№ п/п	Подача заготовки, мм	Вертикальне зусилля на валків, кН				Осьове зусилля на заготовку, кН		Сила струму головного двигуна, ампер	
		вхідний ряд валків		вихідний ряд валків		Прямий хід	Зворотний хід	Прямий хід	Зворотний хід
		Прямий хід	Зворотний хід	Прямий хід	Зворотний хід				
1	6,5	740	570	480	480	110	120	315	25
2	11	950	780	570	510	120	130	320	75
3	0	-	-	-	-	-	-	260	10

Висновки та перспективи подальших розвідок напряму. Наукове дослідження холодної пильгерної прокатки труб на станах ХПТ-4В здійснювалося на базі трубних підприємств м. Нікополь. Подальшу роботу вбачаємо в удосконаленні проектування холодної пильгерної прокатки труб на основі розвитку методів розрахунку з використанням інтенсивної пластичної деформації, для виробництва високоякісних холоднодеформованих труб з нержавіючих сталей.

Посилання

1. Воронько В.Г. Модернизация станов холодной прокатки труб на ЗАО «НЗНТ» / В.Г. Воронько, А.А. Терещенко, Е.В. Чудный // *Металлургическая и горная промышленность*. – 2007. – № 3 – С.60-61
2. Гармашев Д.Ю. К вопросу ресурсосберегающих технологических процессов изготовления труб на станах ХПТ / [Гармашев Д.Ю. та ін.] // *Пластична деформація металів : колективна монографія*. – 2017 – С. 148-152
3. Развитие процессов пильгерной прокатки прецизионных труб / Атанасов В.Р., Беликов Б.М., Терещенко А.А. // *Монографія*. – 2014
4. Станы холодной прокатки труб / Гриншпун М.И., Соколовский В.И. // *Сб.* – 1967
5. Фролов В.Ф. Холодная пильгерная прокатка труб / В.Ф. Фролов, В.Н. Данченко, Я.В.Фролов. – Днепропетровск: Пороги, 2005. – 230с.
6. Хаустов Г. И. Исследование точности холоднодеформированных труб / Г. И. Хаустов. – Дис. канд. техн. наук, ВНИТИ, Днепропетровск, 1968 – 127 с.
7. Britvec, S.J.; Chajes, Alexander; Warren, K. W.; Uribe, Jairo; and Winter, George, "Effects of cold work in cold-formed steel structural members" (1970). CCFSS Library (1939 - present). 170. URL: <https://scholarsmine.mst.edu/ccfss-library/170>
8. High plastic deformation and amorphization of crystal system / Pavlov V.A., Ketova V.P., Boyarshinova T.S., Shalaev V.I., Popov V.M., Vakhrucheva V.S., Atanasov S.V. *Material Science Forum "Mechanicall alloying"* Kyoto, Japan. 1991. P. 263-268