

Рис.3. Последовательность разделения ТТЗ одновременным сдвигом и вращением при вращении левой пары оправок с эксцентриком относительно общей оси симметрии оправок: а–положение инструмента при угле поворота 30°; б–то же, для угла поворота 75°

На рис.3. показаны два момента сдвига с кручением по второй конструктивной схеме, из которой следует, что закономерности, установленные для первой схемы, остаются в силе.

**Список литературы:** 1. В.И. Стеблюк, Д.Н. Савченко, Ю.Г. Розов. Способы резки труб на короткие заготовки и перспективы их усовершенствования. // Вестник НТУУ "КПИ" – 2008. – № 53. – С. 199-201.

УДК 621.771

**Ю.О. ПЛЕСНЕЦОВ**, канд. техн наук, зав. каф. «ОМТ», НТУ «ХП»  
**О.С. ЗАБАРА**, инженер, ТОВ «ІПРИС-профіль», м. Харків  
**Т.Л. КОВОРТНИЙ**, асистент, НТУ «ХП»  
**ЛЮБИМОВ М.С.**, студент, НТУ «ХП»

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИРОБНИЦТВА ГНУТИХ ПРОФІЛІВ ЗАМКНЕНОГО ПЕРЕТИНУ

В роботі встановлено, що гнуті профілі замкнутого перетину знаходять широке застосування в сучасному будівництві, сільськогосподарському будівництві і у виготовленні сталевих меблів. Найбільша кількість розробок, що виконана раніше, спрямована на реалізацію технологій виробництва ГПЗП із заготовки 2мм і більше. Для створення імпортозамінних технологій виробництва ГПЗП в Україні потрібне виконання НДР

В работе установлено, что гнутые профили замкнутого сечения находят широкое применение в современном строительстве, сельскохозяйственном строительстве и в изготовлении стальной мебели. Наибольшее число разработок, выполненных ранее, направлено на реализацию технологий производства ГПЗС из заготовки толщиной 2 мм и больше. Для создания импортозамещающих технологий производства ГПЗС в Украине необходимо выполнение НИР.

In current work is determined that roll forms of closed section find wide application in modern construction, agricultural construction and in production of steel furniture. Most works, completed earlier, are directed on realization of technologies of production of CSRF from 2 mm thick workpiece and more. To create the import-replacing technologies of CSRF production in Ukraine the researches are required.

Гнуті профілі замкнутого перетину (ГПЗП) є одним з найбільш затребуваних видів будівельного металопрокату. До теперішнього часу ГПЗП поставлялися в Україну виключно з-за кордону. Існуючі виробництва і практичні рекомендації з виготовлення ГПЗП в Україні охоплюють розмірний діапазон товщини початкових заготовок (штрипс) діаметром від 2 мм і вище. Процес виготовлення ГПЗП до 2 мм не досліджений.

Для створення імпортозамінних технологій виробництва ГПЗП в Україні потрібне виконання НДР, спрямованих на створення аналітичної моделі валкового формування вказаного виду металопродукції, а також створення сучасної, гармонізованої з технічними вимогами системи нормативно-технічних документів для забезпечення технічного регулювання виробництва в Україні. Реалізація вказаних заходів важлива і актуальна, оскільки дозволить підвищити, як обсяги виробництва, так і споживання в країні і, тим самим, конкурентоспроможність вітчизняної економіки.

**Мета роботи** – аналіз сучасного стану виробництва гнутих профілів замкнутого перетину.

Застосування ГПЗП можливо не лише в будівництві, але і у виробництві сільгосптехніки, сільськогосподарському будівництві, у виготовленні сталевих меблів, в прокладенні різних видів інженерних комунікацій, таких як водопровід, газопровід, для захисту кабельних мереж і так далі (табл. 1). Останніми роками усе більш чітко просліджується тенденція до використання ГПЗС для силового каркаса меблів [1]. Вони знаходять застосування для різних її конструкцій (додаток А):

- стіл (комп'ютерний, офісний, банкетний, масажний та ін.);
- стілець (офісний, барний та ін.);
- крісло;
- м'які меблі;
- виставкові павільйони та ін.

Таблиця 1 - Форма поперечного перетину ГПЗП

№	Розміри, мм	Форма поперечного перетину ГПЗП
1	D=20 s=1,0	

З ГПЗП виконують збірку різноманітних перекриттів і легких металевих конструкцій, ферм, перил, павільйонів, торговельного устаткування. Застосування ГПЗП у виробництві будівельних конструкцій має безліч переваг, які зрештою ведуть до значної економії металу, а, отже, і грошових коштів.

Основна причина ефективного використання профільної труби при формуванні металоконструкції - значна економія металу, легка конструкція, корозійна сталість, зручність монтажу.

Виробництво замкнених ГПЗП в сортаменті металопрокату є найбільш вигідними. При застосуванні в різних конструкціях ці профілі в порівнянні з профілями відкритих перерізів [2]:

- мають високу місцеву сталість, причому втрати бічної стійкості практично виключені до досягнення межі плинності матеріалу, що дозволяє отримати економію по масі до 40...50%;

- мають високу крутильну жорсткість, в 250...450 разів більшу, ніж у профілів відкритого перетину;

- можуть працювати зі значно більшою вільною довжиною при подовжньому і поперечному вигині;

- стійкі проти внутрішньої корозії, що дозволяє приймати тонші стінки;

- знижують конструктивні коефіцієнти за рахунок зменшення об'єму допоміжних і сполучних елементів у вузлах будівельних металоконструкцій.

До найбільших російських підприємств-виробників ГПЗП відносяться:

- ВАТ «Челябінський трубопрокатний завод» (м. Челябінськ);

- ВАТ «Волгоградський трубний завод» (м. Волгоград);

- ВАТ «Виксунський металургійний завод» (м. Вика, Нижегородська область);

- ВАТ «Русполімет», (м. Кулебаки);

- ВАТ «Магнітогорський металургійний комбінат» (м. Магнітогорськ);

- ВАТ «Новокузнецький металургійний комбінат» (м. Новокузнецьк);

- ВАТ «Новосибірський металургійний завод ім. Кузьміна», (м. Новосибірськ);

- ВАТ «Первоуральський новотрубний завод» (м. Первоуральськ);

- ВАТ «Санкт-Петербурзький трубний завод» (м. Санкт-Петербург);

- ВАТ «Сіверський трубний завод» (м. Полевської);

- ВАТ «Сінарський трубний завод» (м. Каменськ-Уральський);

- ВАТ «Таганрозький металургійний завод» (м. Таганрог);

- ВАТ «Борський трубний завод» (м. Бор);

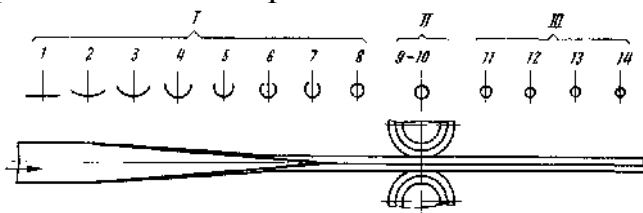
Певних успіхів в розробці технологій, виробництві сучасного устаткування і власне промислового виробництві якісних ГПЗП, що дозволило зайняти провідне місце у світі, здобули ряд зарубіжних фірм: Mannesmann Demag, Tungum Hydraulics, Marcegaglia S.p.A., Keller, Dujardin Montbard Somenor, W.F. Oppermann, MAS SeutheGmbH [3] та ін.

Нині ГПЗП переважно імпортуються з-за кордону. Довгий час в СНД були відсутні технології розробки сучасних якісних ГПЗП. На сьогодні в Росії створені компанії, які пропонують ГПЗП, аналогічні імпортним, наприклад, ВАТ "Челябінський трубопрокатний завод".

### **Аналіз існуючих технологій виробництва замкнених профілів**

Основний принцип розрахунку калібрування валків неперервного формувального стану. Усі розміри зварних труб отримують з пласкої заготовки (листів, рулонна штаба) за єдиною технологічною схемою [4], що включає наступні основні операції (рис. 1). Спочатку пласку заготовку згортають в циліндричну трубну заготовку. Цю операцію називають формуванням трубної заготовки. Наступна операція - зварювання крайок трубної заготовки. Завершальна операція - калібрування і редукування зварних труб. Ці операції об'єднані в єдиний цикл і проводяться при безперервному режимі роботи устаткування. Залежно від діаметру зварних труб, їх призначення і марки сталі можливі зміни виду заготовки (лист або рулон), способів формування і зварювання крайок. Початковою заготовкою для труб малого діаметра є

рулонна штаба. Формування трубної заготовки здійснюється в безперервному валковому формувальному стані. Спосіб зварювання крайок називається зварюванням тиском. Зварювання тиском здійснюється шляхом нагрівання крайок трубної заготовки до зварювальної температури і наступного їх стискання. Крайки можна зварювати також електрозварюванням. Для зварювання труб з товщиною стінки 1...2 мм як початкову заготовку застосовують холоднокатану відпалену рулонну штабу. Формування трубної заготовки здійснюють в безперервних формувальних станах. До складу формувальних станів входить від 6 до 12 приводних 2-х валкових нереверсивних клітей з горизонтальними валками. Між клітями встановлюють вертикальні ролики або не приводні кліті з вертикальними валками.



I - формування штаби в трубу;  
 II - зварювання крайок;  
 III - редукування (калібрування) труби по діаметру

Рис. 1. Послідовність основних технологічних операцій при контактному зварюванні труб

У горизонтальних клітях, валки яких мають калібри, трубну заготовку формують шляхом поступового згортання штаби в циліндричну трубну заготовку.

Призначення клітей з вертикальними валками або роликами - попередження розпруження штаби, що згортається.

Під час безперервного формування штаби в трубну заготовку на валковому формувальному стані в її крайках виникають розтягуючі напруження.

На рис. 2 зображена штаба, яка згортається в трубну заготовку. Її крайки під певним кутом до подовжньої осі штаби і викликають відхилення її переднього торця на деякий кут  $\alpha$ . Коли штаба йде безперервно, передній торець не має можливості відхилитися, внаслідок чого в крайках виникають розтягуючі напруження. Якщо крайка штаби розтягується пружно, то після того, як труба сформується, у ній відсутні залишкові деформації. Якщо крайки розтягуються за межею пружності, то на крайках утворюються гофри. При цьому під час руху трубної заготовки крайки коливаються в напрямі, перпендикулярному від осі труби, і зварювання стає неможливим.

Основне завдання при розрахунку калібрування – отримати такий профіль калібрів, який забезпечував би при формуванні мінімальні залишкові деформації крайок штаби [5].

З рис. 2 видно, що при зменшенні довжини осередка деформації кут нахилу крайок збільшується, що викликає збільшення розтягуючих напружень в крайках. Для досягнення мінімальних розтягуючих напружень необхідно вибрати таку довжину осередка деформації, при якій крайки не отримували б залишкових деформацій.

Довжину осередка деформації (довжину формувального стану) можна вибрати досить невеликою, але в одній якій-небудь формувальній клітці передбачити таку різку деформацію, що вона стане джерелом утворення гофрів.

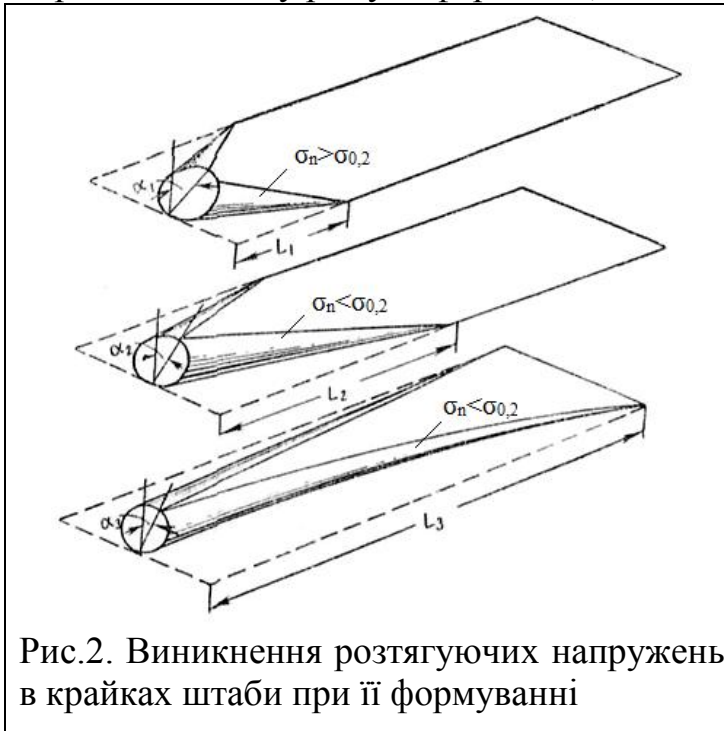


Рис.2. Виникнення розтягуючих напружень в крайках штаби при її формуванні

Отже, щоб уникнути утворення гофрів на крайках трубної заготовки необхідно правильно вибрати довжину формувального стану і число формувальних клітці, щоб крайки піднімалися плавно, без різких перегинів в якій-небудь клітці.

### Калібрування валків формувального стану

Нині в основному застосовують чотири типи калібрувань формувального стану, що відрізняються профілем. Остаточне формування трубної заготовки здійснюється в закритих калібрах. Іноді ці

калібрування застосовують в різних комбінаціях або з деякими змінами.

Найбільш поширеним є калібрування I типу. Профіль калібру будують одним постійним радіусом, а від клітці до клітці цей радіус поступово зменшується у напрямі формування.

Калібри II типу будують двома радіусами - крайні ділянки малим радіусом, який дорівнює радіусу труби і постійним в усіх калібрах, а центральну ділянку будують радіусом, який поступово зменшується від клітці до клітці. При цьому ширина периферійних ділянок поступово збільшується, а центральної зменшується.

Калібри III типу будують одним постійним в усіх клітках радіусом, який дорівнює радіусу готової труби. Ширина периферійної ділянки, що підгинається радіусом, збільшується у напрямі формування. Цей тип калібрування можна вважати окремим випадком II типу за умови, що більший радіус дорівнює нескінченності, тобто центральна ділянка плоска.

Калібрування IV типу застосовують на станах застарілої конструкції: на сучасних трубоелектрозварювальних станах її не застосовують. Калібр будують двома радіусами - центральним малим, який дорівнює радіусу готової труби, і постійним в усіх клітках; периферійні ділянки підгинаються великим радіусом, що зменшується від клітці до клітці у напрямі формування. Ширина ділянки, що підгинається малим радіусом, поступово збільшується, а великим - зменшується.

Всі ці типи калібрувань мають переваги і недоліки, які необхідно враховувати при виборі у кожному конкретному випадку. Передусім необхідно враховувати технологічність калібрування, тобто сталість процесу і легкість налагоджування. За цим показником найгіршим є калібрування I типу, а

найкращими – II і IV типів. Підвищену сталість штаби у валках має також калібрування III типу.

Велике значення має складність виготовлення валків, оскільки виконання рівчака калібру з високою точністю (допуск на радіус калібру коливається в межах 0.03...0,1 мм) і високою чистотою поверхні (8-10-й клас) – дуже трудомістка операція, яка вимагає високої кваліфікації виробників.

Найпростішим у виготовленні є калібрування I типу. Найбільшу складність у виготовленні представляють валки з калібруванням II і IV типів, оскільки калібри виконують двома радіусами, а допуски за чистотою і розмірами для них ті ж, що і для валків з калібруванням I типу.

Слід зазначити, що спеціальних верстатів для виготовлення таких валків доки не існує, а використання верстатів, що працюють за копіром, є дуже важким, оскільки один трубоелектрозварювальний стан має до 1000 і більше валків. Мати таке число копіїв, звичайно, недоцільно, верстати для виготовлення валків з калібруванням I типу існують. Діаметр робочих валків також залежить від типу калібрування і визначається висотою калібру.

Зовнішній діаметр верхніх валків вибирають із розрахунку калібрування перед початком проектування стану, тому із збільшенням висоти калібру він теж має бути збільшений.

Найбільшу висоту мають відкриті калібри, які побудовані за IV типом калібрувань. Далі слідують I, II і III типи калібрування. Цим і пояснюється той факт, що валки, виконані за I типом калібрування, мають більший діаметр, ніж валки, які виконані за II типом. Якщо сортамент якого-небудь стану вибирали, виходячи з калібрування I типу, то його верхня межа може бути збільшена за рахунок застосування калібрування II типу. Наприклад, трубоелектрозварювальний стан 10-60 при застосуванні калібрування I типу має максимальний діаметр зварюваної труби 60 мм, а при застосуванні калібрування II типу максимальний діаметр зварюваної труби може бути збільшений до 76 мм.

При виборі калібрування того або іншого типу слід також враховувати число валків, яке необхідне для оснащення трубоелектрозварювального стану. Це має суттєве значення у зв'язку з тим, що зазвичай в сортаменті трубоелектрозварювального стану є приблизно 20 розмірів труб. Комплект інструменту для труб одного розміру на середньому трубоелектрозварювальному стані налічує 40-60 і більше валків. Тому парк валків для одного стану без урахування запасних складається приблизно з 1000 шт. Оскільки зазвичай трубоелектрозварювальні цехи мають декілька станів і враховуючи запасні валки, парк валків для цеху досягає багатьох тисяч валків. Тому зниження числа валків має велике значення для чіткої роботи цеху.

При застосуванні калібрування I типу валки перших формувальних клітей до останньої відкритої кліті (закінчуючи робочою кліттю перед калібром з розрізною шайбою) загальні для групи розмірів труб.

При застосуванні калібрувань інших типів для груп кожного розміру є окремий комплект валків. Таким чином, застосування калібрування I типу дозволяє значно скоротити парк валків. Наприклад, для стану 20-102, що має в сортаменті приблизно 20 розмірів труб, останні розподілені на шість груп, оскільки на цьому

стані загальних валків приблизно 20. Таке об'єднання дозволяє заощадити  $(20 - 6) \cdot 2 = 280$  валків. Якщо врахувати, що загальні формувальні робочі і еджерні валки зношуються значно менше усіх інших валків, то стане особливо ясна доцільність такого скорочення числа валків.

Калібрування III типу майже не набуло на практиці поширення внаслідок того, що вона не дозволяє отримати якісну трубну заготованку для труб малих і середніх діаметрів, незважаючи на деякі переваги в порівнянні з іншими калібруваннями. Поки це калібрування набуло поширення, головним чином, тільки для згинання крайок трубної заготованки при виготовленні на станах труб великого діаметру.

Калібрування IV типу на сучасних станах не застосовують. Воно було створено для станів з консольним кріпленням валків, оскільки відрізняється значно меншою в порівнянні з калібруваннями інших типів шириною калібру, що дозволяло вісь формування зміщувати ближче до станини кліті.

При проектуванні сучасних станів зазвичай вибирають калібрування I або II типу. Калібрування II типу зазвичай застосовують там, де потрібна підвищена сталість штаби і необхідно випускати трудомісткі труби (малих діаметрів, з великим відношенням товщини стінки до діаметру і тощо). Застосовують калібрування цього типу також в тих випадках, коли сортамент дуже обмежений, а стан не має стикозварювального апарату.

Калібрування I типу доцільно застосовувати там, де є висококваліфікований персонал, сталість штаби, що забезпечується калібруванням, достатня, дуже великий сортамент труб, що випускаються, і велика кількість станів.

Калібрування I типу краще всього застосовувати для труб малих і середніх діаметрів скрізь, де це можливо. Якщо його застосування зв'язане з технологічними труднощами, то слід застосовувати калібрування II типу. При виробництві труб великих діаметрів потрібно застосовувати калібрування II типу, оскільки в цьому випадку фактор діаметру валків стає вирішальним.

Комбінацією описаних типів калібрувань зазвичай прагнуть створити таке калібрування, яке дозволило б виключити недоліки вибраних калібрувань.

Калібрування валків формувального стану з редукуванням штаби в закритих калібрах набуває все більшого поширення. При використанні цього калібрування збільшується число закритих калібрів з двох до трьох і навіть чотирьох.

Іншою характерною особливістю цього калібрування є збільшене обтискання труби по периметру.

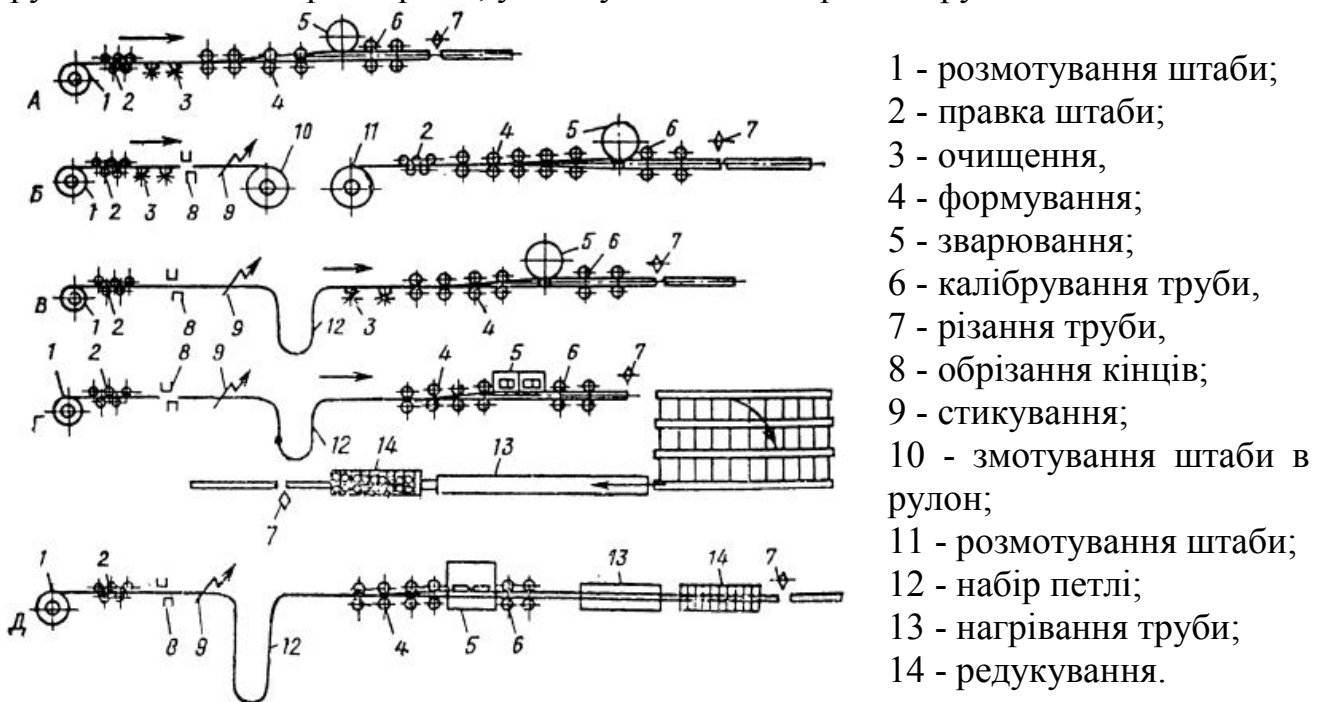
Таке калібрування дозволяє отримати якісну трубну заготованку з шаблеподібної і коробоватої штаби, а також забезпечити високу стабільність процесу формування. Проте при цьому збільшується витрата інструменту і електроенергії.

Остаточне формування трубної заготованки здійснюється в закритих калібрах. Іноді ці калібрування застосовують в різних комбінаціях або з деякими змінами.

### **Технологічні схеми виробництва прямошовних труб електрозварюванням**

Технологічні схеми виробництва прямошовних труб електрозварюванням наведені на рис. 3, а їх переваги і недоліки в табл. 2 [6]. Трубоелектрозварювальні

стани за технологічними схемами А і В нині не будуються, а існуючі реконструюються з включенням до складу устаткування петлеутворювача і стикозварювальної машини. За схемою В працюють більшість вітчизняних трубоелектрозварювальних станів; схема Г застосована тільки на одному заводі. Агрегати для виробництва зварних труб виконують в основному одні і ті ж технологічні операції і розрізняються за способом нагріву і зварювання заготовки. За характером технологічних операцій усе устаткування можна згрупувати на чотири основні дільниці: устаткування для підготовки вихідної заготовки; формувально-зварювальне устаткування (можливий розподіл на устаткування лінії формування і лінії зварювання); устаткування для отримання труб із заданими параметрами; устаткування для обробки труб.



- 1 - розмотування штаби;
- 2 - правка штаби;
- 3 - очищення,
- 4 - формування;
- 5 - зварювання;
- 6 - калібрування труби,
- 7 - різання труби,
- 8 - обрізання кінців;
- 9 - стикування;
- 10 - змотування штаби в рулон;
- 11 - розмотування штаби;
- 12 - набір петлі;
- 13 - нагрівання труби;
- 14 - редукування.

Рис. 2. Технологічні схеми виробництва прямошовних труб електрозварюванням

Таблиця 2 - Переваги і недоліки технологічних схем виробництва прямошовних труб електрозварюванням

Схема на рис. 2	Переваги	Недоліки
А	Невелика довжина стану	Необхідність зупинки стану для заправки переднього кінця нового рулону, що знижує продуктивність стану
Б	Використання рулону великого розважування, отриманого стикуванням декількох рулонів нормальної ваги	Ті ж, що і для схеми А
В	Включення петлеутворювача до складу стану дозволяє вести безперервний процес зварювання	Потреба у великому парку валків формувального і калібрувального станів. Для



Схема на рис. 2	Переваги	Недоліки
	труб	кожного розміру труб потрібна штаба з різними розмірами по ширині і товщині
Г	На трубоелектрозварювальному стані зварюються труби найбільшого розміру, потім розрізають на частини завдовжки 60 - 100 м і редукуються. Редукування з натягненням дозволяє отримувати труби з різними діаметрами і товщиною стінки із штаби одного або двох розмірів	Наявність різностінних кінців труб, що виходять при їх редукуванні, що мають кінцеву довжину. Кінці труб направляють у відходи, що збільшує коефіцієнт витрати металу
Д	Розташування редуційного стану в одну лінію з лінією формування і зварювання дозволяє отримувати трубу будь-якої довжини	Відсутні недоліки попередніх трубоелектрозварювальних станів

### **Технічні умови до ГПЗП, технологічні можливості їх реалізації**

Технічні вимоги до ГПЗП. У технічних вимогах на постачання ГПЗП приводяться: сортамент; матеріал; граничні відхилення на розміри ГПЗП; довжина ГПЗП, що поставляються; допустима місцева і загальна кривизна; вимоги до якості поверхні; правила приймання і методи випробувань; вимоги до пакування, маркування і документації; припуски і допуски.

Розмірні допуски включають відхилення від номінальних розмірів, причинами яких можуть бути : налаштування стану, неточність виготовлення і знос валків, кривизна осей і овальність перерізів робочих валків; неточність розрізання заготовки по ширині; шаблевидність, дефекти поверхні, відхилення механічних властивостей матеріалу від заданих, налаштування агрегату подовжнього різання і летючої пили.

До необхідних заходів, спрямованих на підвищення точності розмірів і правильності форми ГПЗП, відносять:

- зменшення відхилень розмірів заготовки за шириною і товщиною;
- зменшення зміщення штаби у валках при застосуванні закритих калібрів або спеціальної напрямної і утримуючої арматури;
- зниження зносу чистових калібрів шляхом підвищення стійкості валків;
- застосування точного оброблення калібрів валків, об'ємного калібрування, а також безперервного процесу профілювання замість поштучного.

Реалізація вказаних заходів залежить від характеру виробництва і можливостей устаткування.

При розробці ГПЗП і технічних вимог на їх постачання граничні відхилення зовнішнього діаметра і товщини стінки слід приймати згідно з ГОСТ 10707 на труби сталеві електрозварювальні холоднодеформовані [7]. Для труби сталеві електрозварної холоднодеформованої зовнішнім діаметром 20...30 мм і товщиною 1,5 мм граничні відхилення розмірів залежно від точності виготовлення наведені в

табл. 3. Місце контролю розмірів і геометрії поперечного перетину ГПЗП обумовлюється особливостями процесу профілювання та розрізання профілів і вибирається згідно із стандартами на гнуті профілі. Згідно із стандартами на гнуті профілі при безперервному процесі профілювання їх контролюють на відстані 50...100 мм від кінців. Згідно з ГОСТ 10707 ГПЗП виготовляють довжиною:

- мірної довжини - від 3 до 9 м;
- кратної мірній довжині - в межах мірної довжини з припуском на кожний різ по 5 мм (якщо інший припуск не вказаний в замовленні), який входить в кожен кратність, що замовляється;
- немірної довжини - не менше 1,5 мм.

Таблиця 3 - Граничні відхилення зовнішнього діаметра і товщини стінки труби

Розміри труби, мм.	Граничні відхилення розмірів труби мм, при точності виготовлення		
	звичайної	підвищеної	прецизійної
Зовнішній діаметр: 20...30	±0,25	±0,15	±0,12
Товщина стінки: більше 1,0	±10%	±8%	±7,5%

За погодженням виробника із споживачем допускається виготовлення ГПЗП завдовжки понад 9 м.

Граничні відхилення за довжиною труб мірної і кратної довжини не повинні перевищувати:

- +10 мм - при довжині до 6 м;
- +15 мм - при довжині понад 6 м.

Кінці труб мають бути обрізані під прямим кутом і зачищені від задирок. Допускається утворення фаски при видаленні задирок. На вимогу споживача допускається виготовлення труб немірної довжини без видалення задирок.

Згідно з ГОСТ 10707 овальність і різностінність труб не мають виводити розміри труб за граничні відхилення відповідно до діаметру і товщини стінки. На вимогу споживача овальність і різностінність труб не мають перевищувати 0,8 загального поля допуску відповідно по діаметру і товщині стінки.

Кривизна профілю (шаблевидність) залежить від якості заготовки і налаштування стану. Кривизна труб на будь-якій ділянці завдовжки 1 м для термічно необроблених труб не має перевищувати 2 мм; на вимогу споживача - 1,5 мм.

Згідно з ГОСТ 10707 по висоті внутрішнього грату трубу виготовляють першої категорії - із залишками грату заввишки не більше 0,3 мм.

Якість поверхні профілів залежить від матеріалу і якості поверхні заготовки і валків, режиму формування, швидкісних і силових параметрів процесу, змащення в процесі профілювання та інших чинників. На поверхні труб не допускаються тріщини, півки, розриви, раковини, закати. Допускаються окремі забоїни, сліди циндри, що не перешкоджають огляду, вм'ятини, сліди правлення, риски і сліди зачищення дефектів, якщо вони не виводять розміри труб за граничні відхилення.

Труби поставляють пачками, перев'язаними пакувальною стрічкою. Пачка має складатися з труб одного розміру за діаметром і товщиною стінки, однієї

марки сталі і однієї групи виготовлення і супроводжуватись одним документом про якість у відповідності з ГОСТ 10692 [8], із доповненнями про хімічний склад сталі.

До кожної пачки прикріплюється бирка, на якій вказують номер плавки, марку сталі, номер технічних умов або ГОСТу, найменування заводу-виробника і споживача.

### **Механічні властивості і хімічний склад ГПЗП**

ГПЗП виготовляють з різних сталей, що відрізняються хімічним складом і механічними властивостями. Ці якості сталі регламентуються наступними стандартами:

ГОСТ 380 - на вуглецеву сталь звичайної якості, що застосовується для виготовлення ГПЗП;

ГОСТ 19281 - на низьколеговану високоякісну товстолистову і широкосмугову сталь, що застосовується для виготовлення ГПЗП (ГОСТ 10706 [9]).

Найширше застосовуються ГПЗП з вуглецевих сталей звичайної якості як найбільш дешеві і менш дефіцитні. ГПЗП з низьколегованих високоякісних сталей застосовують при будівництві в умовах експлуатації низьких температур (20°C і нижче).

Якість ГПЗП багато в чому залежить від якості заготовки (штрипсу), що, поза сумнівом, підвищує споживчі якості продукції ГПЗП. ГПЗП випускають різних груп з гарантією як усіх, так і окремих характеристик: механічних властивостей, хімічного складу, випробувального тиску. Крім того, ГПЗП, що мають однакові гарантовані механічні характеристики, можуть бути виготовлені зі сталей, отриманих різними способами.

Вибір марки сталі здійснюють за нормованими стандартними показниками характеристик сталі і їхніми механічними властивостями (табл. 4), а при їхньої відсутності - випробувального гідравлічного тиску труби, значення якого гарантується.

Таблиця 4 - Механічні властивості використовуваних сталей

Марка сталі	Механічні властивості		
	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %
Сталь 08 кп	294	175	27
Сталь 08, Сталь 08 пс, Сталь 10 кп	314	196	25
Сталь 10 пс, Сталь 15 кп, Ст. 2 сп, Ст. 2 пс, Ст. 2 кп, ВСт2сп, ВСт2пс, ВСт2кп	333	206	25
Сталь 10	353	216	24
Сталь 15, Сталь 15 пс, Сталь 20 кп, Ст. 3 сп, Ст. 3 пс, Ст. 3 кп	372	225	22
Сталь 20, Сталь 20 пс, Ст. 4 сп, Ст. 4 пс, Ст. 4 кп	412	245	21
Сталь 08Ю	255	174	30

Залежно від показників якості труби виготовляють наступних груп:

А - з нормуванням механічних властивостей із спокійної, напівспокійної і киплячої сталі марок Ст2, Ст3, Ст4 за ГОСТ 380;

Б - з нормуванням хімічного складу із спокійної, напівспокійної і киплячої

сталі марок Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4 за ГОСТ 380 та ГОСТ 14637 із спокійної, напівспокійної і киплячої сталі марок 08, 10, 15, 20 за ГОСТ 1050 із сталі марок 08Ю, 08кп за ГОСТ 9045;

В - з нормуванням механічних властивостей і хімічного складу із спокійної, напівспокійної і киплячої сталі марок Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4 за ГОСТ 380, спокійної, напівспокійної і киплячої сталі марок 08, 10, 15, 20 за ГОСТ 1050 і сталі марок 08, 10, 08кп за ГОСТ 9045;

Д - з нормуванням випробувального гідравлічного тиску.

ГПЗП з вуглецевої звичайної якості киплячої сталі (КП) характеризуються холодноламкістю, у зв'язку з чим, їх не слід застосовувати при будівництві і експлуатації трубопроводів в умовах низьких температур (мінус 10...20°C).

ГПЗП з напівспокійної (ПС) і спокійної (СП) сталі мають меншу схильність до холодноламкості, тому їх застосовують при будівництві і експлуатації в умовах нижчих температур.

ГПЗП з низьколегованих сталей доцільно застосовувати, коли в період будівництва і експлуатації стінки труб можуть охолоджуватися до дуже низьких температур (мінус 20°C і нижче).

Механічні властивості труб, які виготовлені без термічної обробки, встановлюють за погодженням виробника зі споживачем. За відсутності такого узгодження механічні властивості мають бути не менше:

- тимчасовий опір  $\sigma_b$ , МПа (кгс/мм<sup>2</sup>).....314 (32);
- межа плинності  $\sigma_T$ , МПа (кгс/мм<sup>2</sup>).....216 (22);
- відносне подовження ( $\delta_5$ , %).....5.

### **Висновки**

1. Встановлено, що ГПЗП знаходять широке застосування в сучасному будівництві, сільськогосподарському будівництві і у виготовленні сталевих меблів. Найбільша кількість розробок, що виконана раніше, спрямована на реалізацію технологій виробництва ГПЗП із заготованки 2мм і більше.

2. Для створення імпортозамінних технологій виробництва ГПЗП в Україні потрібне виконання НДР, спрямованих на створення аналітичної моделі валкового формування вказаного виду металопродукції, а також створення сучасної, гармонізованої з технічними вимогами, системи нормативно-технічних документів для забезпечення технічного регулювання виробництва в Україні.

3. Встановлено, що найбільш поширеними є калібрування формувального стану II і III типу. Можливі поєднання цих типів.

**Список літератури:** 1. <http://www.steelmill.ru> 2. Производство гнутых профилей. / под ред. И. С. Тришевского и др. – М.: Металлургия, 1982. – 384 с. 3. <http://metal4u.ru> 4. Клименко П. Л., Данченко В. М. Обработка металлов тиском. Навч. посібник. - Дніпропетровськ: Системні технології, 2003. - 106с. 5. Производство прямошовных труб на непрерывных трубоэлектросварочных станах Головкин Р. В., Кричевский Е.М. Изд-во "Металлургия", 1969, с. 284. 6. Технология и оборудование трубного производства: Учебник для вузов В.Я. Осадчий, А.С. Вавилин, В.Г. Зимовец, А.П. Коликов - М.: "Интернет Инжиниринг", 2001. - 608 с. 7. ГОСТ 10707 Трубы стальные электросварные холоднодеформированные. – Введ. 01.01.82. Изменен 1991. 8. ГОСТ 10692 Трубы стальные, чугунные и соединительные части к ним. – Введ. 01.01.82. Изменен 1990. 9. ГОСТ 10706 Трубы стальные электросварные прямошовные. – Введ. 01.01.78. Изменен 1999.