

Державний науково - дослідний і конструкторсько - технологічний
інститут трубної промисловості

На правах рукопису

АТАНАСОВ СЕРГІЙ ВАСИЛЬОВИЧ

РОЗРОБКА ІНТЕНСИВНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА
ОСОБЛИВОТОНКОСТІННИХ ТРУБ ДЛЯ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ
НА ОСНОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ ТА ПОШКОДЖЕНОСТІ
СТАЛІ Є1844БУ - ІД

Спеціальність 05.03.05. " Процеси та машини обробки тиском "

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ - 1996



00373754 (Т)

021.74

Дисертація є рукопис.

Роботу виконано у Державному науково - дослідному і конструкторсько - технологічному інституті трубної промисловості (ДТІ) м. Дніпропетровськ.

НАУКОВИЙ КЕРІВНИК:

доктор технічних наук, професор
ПОПОВ Марат Васильович

ОФІЦІЙНІ ОПОНЕНТИ:

доктор технічних наук, професор
ДРУЯН Володимир Михайловичкандидат технічних наук
ОСТРОВСЬКИЙ Ігор Петрович

ВЕДУЧЕ ПІДПРИЄМСТВО:

Південнотрубний завод, м. Нікополь

Захист відбудеться "25" листопада 1996 р. у 14 годин на засіданні спеціалізованої вченої ради К03.12.01 по присудженню наукових ступенів при Державному науково - дослідному і конструкторсько - технологічному інституті трубної промисловості, м. Дніпропетровськ, вул. Пісаржевського, 1а.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці інститута (ДТІ).

Автореферат розісланий "23" листопада 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., с.н.с.

Шевченко В. Д.

Загальна характеристика роботи

Актуальність роботи. Розвиток атомної енергетики потребує підвищення якості труб, застосовуваних для роботи у активній зоні. Особливо тонкостінні труби малих діаметрів (5 - 8 мм) з аустенітних сталей, застосовуваних у атомній енергетиці відносяться до найбільш працеемких видів труб.

Існуюча технологія їх виготовлення базується на використанні станів ХПТ, ХПТР та безоправного волочіння , при цьому загальна кількість циклів деформацій не менше 8.

Працеемкість виготовлення зазначених труб зв'язана з тим , що між циклами деформації проводять до 35 додаткових операцій. Тому, головною умовою підвищення ефективності виробництва є зниження циклічності. Останнє можливо тільки при значному підвищенні ступеню деформації за цикл, що обумовлює необхідність розробки способів здійснення таких деформацій. При тому необхідно забезпечити комплекс фізично - механічних властивостей металу труб, їх високу точність і якість. Отож, доцільне проведення комплексних досліджень по розробці інтенсивної технології виробництва труб для атомної енергетики , яка забезпечує як підвищення їх експлуатаційних властивостей, так і зниження вартості переробки, та витрачання енергоресурсів.

Мета роботи. Розробка інтенсивної енергозощаджуючої технології виробництва високоякісних труб для атомної енергетики.

У роботі поставлені та вирішені наступні задачі:

- аналіз існуючих способів холодної деформації та технології виробництва тонкостінних труб з аустенітних сталей;
- вибір шляхів підвищення ефективності виробництва і раціональних способів холодної деформації;
- дослідження механічних і пластичних якостей сталі 026X16H15M3B (E1844BY - ІД) , застосовуємої для цих труб , визначення її критичної пошкодженості;

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН Укр. АС

- визначення особливостей напружено - деформованого стану металу при дворядному прокатуванні на станах ХПТ (визначим ці стани ХПТ-4в);
- вдосконалення моделі визначення пошкодженості металу при прокатуванні на станах ХПТ - 4в, та визначення умов її мінімізації ;
- розробка технології виробництва труб для атомної енергетики, яка відзначається значним зниженням витрачання по переробці та енерговитрат при забезпеченні комплексу експлуатаційних властивостей.

Наукова новизна. Одержані залежності для розрахунку величин катючих радіусів і осьових зусиль у вихідній парі валків, облікуючі швидкість витікання металу при деформації у вхідній парі валків, що дозволило найбільш обґрунтовано оцінити напружено–деформований стан металу у станах ХПТ- 4в. Скоректована модель визначення пошкодженості вздовж траєкторії руху матеріальної частини по конусу прокатування стану ХПТ- 4в з розрахунком особливостей напруженого стану металу. Одержана інженерна залежність для розрахунку середньої пошкодженості металу.

Практична цінність. Розроблена інтенсивна технологія виробництва особливотонкостінних труб для атомної енергетики, яка дозволяє у два рази знизити циклічність виробництва і загальну кількість технологічних операцій (з 220 до 120). Вказане забезпечило зниження витрат по переробці і питомого енергоспоживання на 40%. Підвищена точність розмірів труб, а також, однорідність структури металу.

Реалізація в промисловості. Розроблена технологія виробництва особливотонкостінних труб малих розмірів з сталі ЕІ 844 освоєна на Південнотрубному заводі, м. Нікополь.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідались на: Всесоюзній науково - технічній нараді “ Досвід виробництва нержавіючих труб для атомної енергетики “ , м. Москва, 1989 р., Всесоюзній конференції молодих вчених “Проблеми трубного виробництва” , м. Дніропетровськ, 1990 р., науково - технічному семінарі відділення технології виробництва холоднодеформованих труб ДТІ м. Дніропетровськ, 1996 р., об’ єднаному науковому

семінарі по обробці металу тиском Державної Металургійної Академії. Дніпропетровськ, 1996 р.

Публікації. Головний зміст дисертаційної роботи опубліковано у 6 статтях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, 6 розділів, висновків та додатку, викладених на 147 сторінках друкованого тексту, вміщує 35 малюнків, 18 таблиць та список літератури з 62 найменувань.

Декларація конкретного особистого вкладу дисертанта в розробку наукових результатів, що виносяться на захист.

1. Встановлені залежності пластичності сталі EI 844 від параметрів напруженого стану, а також амплітуди знакозмінної деформації.
2. Уточнена модель розрахунку пошкодженості металу при прокатуванні труб на станах ХПТ - 4в з обліком силової взаємодії вхідної та вихідної пар валків.
3. Експериментально визначена критична пошкодженість сталі EI 844.
4. Визначені параметри деформації труб на станах ХПТ-4в і ХПТР-2р, які забезпечують істотне збільшення ступеню деформації і зниження циклічності виробництва.
5. Комплексне дослідження якості металу, точності геометричних розмірів труб, вироблених по розробленій технології.

Характеристика методології, методів досліджень та об'єкту. Більша частина роботи зв'язана з експериментальними дослідженнями. У якості об'єкта дослідження використовувались труби із сталі EI 844 розмірами 6,9 x 0,3 і 5,8 x 0,3 мм з випічками згідно ТУ14-3-550-90 (табл.1).

Прокатування впроваджували на станах ХПТ 90-4в, ХПТ 32 - 4в, ХПТР 6-15-2р, а також ХПТПВ 8-25.

Випробування на розтягування та скручення виконували на машині УВД - 10.

Термообробку зразків проводили у лабораторній пічі камерного типу, а також пічах "Древер" і вакуумній електроконтактній установці.

Структуру металу досліджували за допомогою оптичного та електронного мікроскопів, а також аналізатора "Епіквант". Для рентгенівських досліджень використовували установку Дрон -1. Для обробки даних експериментів і для розрахунків застосували ПЕРМ з використанням устоїв теорії математистики.

Таблиця 1

Вимоги до труб розмірами 6,9 x 0,3 і 5,8 x 0,3 мм

Граничні відхилення, мм		Механічні властивості, не менш				Розмір зерна, бал	Глибина дефектів на поверхні, не більше, мм
по зовнішньому діаметру	по товщині стінки	+ 20 °С		+ 375°С			
		σ_b Н/мм ² (кгс/мм ²)	δ_5 %	σ_b Н/мм ² (кгс/мм ²)	δ_5 %		
± 0,03	± 0,018	510 (52)	37	363 (37)	23	7-11	0,015

σ_b - тимчасовий опір розриву, δ_5 - відносне подовження.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

Аналіз і вибір шляхів вдосконалення технології виробництва особливотонкостінних труб для атомної енергетики і способів холодного періодичного прокатування.

Особливотонкостінні труби, які застосовують в атомній енергетиці, належать до відповідальних і трудомістких виробів. Технологія виготовлення, наприклад, труб розміром 6,9 x 0,3 мм зі сталі EI 844, яка містить в собі 8-9 циклів холодної деформації, між якими виконуються 30-35 допо-

міжних операцій. Окрім трудомісткості, багатоопераційність збільшує імовірність погіршення якості труб.

Важливо відзначити, що частина деформаційних операцій в загальних витратах по переробці не перевищує 20-25 %. Тому найбільш ефективним є скорочення циклічності виробництва.

Останнє може бути забезпечено тільки при істотному збільшенні деформації за цикл. Аналіз показав що найбільш перспективним є застосування дворядних схем прокатування на станах ХПТ і ХПТР, які дозволяють збільшити довжину робочої зони деформації на 70- 75%. Для виробництва труб малих діаметрів (5-10 мм) перспективним є спосіб валково - ролікового прокатування на станах ХПТПВ, який дозволяє здійснити значні деформації як по діаметру, так і по товщині стінки.

Відмінною особливістю дворядного прокатування є одночасна деформація металу у двох миттєвих осередках, що приводить до знеміщення металу. Для розробки ефективної технології виробництва труб треба досліджувати вплив параметрів напруженого стану на пластичність даної сталі та величину її пошкодженості, визначити особливості напруженого стану при дворядному прокатуванні та величину критичної пошкодженості сталі. Вказане дозволить забезпечити мінімальну циклічність виробництва і вартість переробки при гарантованій якості продукції.

Дослідження пластичних властивостей сталі ЕІ 844 БУ-ІД

В роботі досліджена технологія виробництва труб з сталі ЕІ 844БУІД (025Х16Н15М3Б), яка широко застосовується в атомній енергетиці. Експериментально визначена залежність ступеню деформації розтягнення до зруйнування (Δ_p) від параметрів напруженого стану. З відомих показників напруженого стану вибрані: σ/T - співвідношення гідростатичного напруження до інтенсивності дотичного напруження і μ_σ - коефіцієнт Лоде, який характеризує вид напруженого стану.

Для побудування діаграми пластичності були випробувані циліндричні зразки на розтяження і скручення, при змінних значеннях параметру σ/T . У результаті одержана наступна залежність:

$$\Lambda_p = 3,65 - 0,945 \mu_\sigma - 1,254(\sigma/T)_{CP} \quad (1)$$

Враховуючи великий вплив на пластичність знакозмінної деформації, був досліджений вплив її амплітуди при знакозмінному крученні. Одержані дані добре погоджуються із залежністю, яка характерна для малоциклової втомленості:

$$\Lambda_1 N^{1/a} = \Lambda_p 2^{-1/a},$$

где Λ_1 - амплітуда знакозмінної деформації;

N - число циклів деформації;

Λ_p - пластичність при крученні в одну сторону;

a - коефіцієнт, який характеризує вплив знакозмінної деформації.

Величина a визначалась по залежності $a = a_0^{1+0,238\sigma/T}$. Встановлено, що для сталі EI 844 $a_0 \cong 1,40$. Одержані результати, які мають велике значення для періодичного прокатування труб, де деформація має знакозмінний характер.

Дослідження особливостей напружено - деформованого стану металу при дворядному прокатуванні на станах ХПТ-4в.

Для дослідження силової взаємодії між парами валків станів ХПТ-4в були виконані спеціальні експерименти. На частині конусу прокатування стану ХПТ90-4в у проточках наклеювали тензодатчики, фіксували додаткові тангенціальні і осьові деформації при прокатуванні з обтискуванням, на оправці (маршрут 93x7,5 \rightarrow 38x3,6мм, сталь X18N10T). Встановлено, що під час подвійного ходу кліті діють додаткові знакозмінні деформації кручення (10-12 змін напрямку деформації), і як правило, осьові зусилля стиснення (Q). Величина і знак цих зусиль залежить від співвідношення величин натурального катаючого радіусу ($R_{КАТ}$) і радіусу ведучих шестерен у вихідній парі валків. Проте відомі залежності для

визначення $R_{\text{КАТ}}$ і Q на двовалкових станах ХПТ некоректні для вихідної пари валків станів ХПТ - 4в, тому що не враховують швидкість витікання металу з вхідної пари валків, що змінює співвідношення площин зон випередження і відставання в МОД (МОД - миттєвий осередок деформації).

Використовуючи залежність Ю.Ф. Шевакіна, одержано вираз для визначення катаючого радіусу у вихідній парі валків. Величину Q для вихідної пари валків можна визначити, знаючи різницю натурального катаючого радіусу і радіусу ведучих шестерен. Одержані залежності мають вид:

- для прямого ходу кліті при $\omega_x < \Theta_{\text{ix}}$

$$R'_{\text{КАТ}x} = \left(\rho_{x2} + \sqrt{\rho_{x2} \frac{\Delta t_{x2} R_{x2}}{t_{x2} \lambda^2}} \right) \left[1 + \frac{0,7m\mu_{x1}(\text{tg}\gamma_{x1} - \text{tg}\alpha)}{t_{x1}} \right], \quad (2)$$

$$\lambda = \frac{1,18\pi}{(\pi - 2K_{\varphi\varphi x}) \left(\frac{\sin \varepsilon_{x2}}{1,57f} \right)};$$

- для зворотнього ходу кліті при $R_{\text{КАТ}x} > \rho_x$:

$$R'_{\text{КАТ}x} = \left(\rho_{x2} + \lambda^2 R_{x2} \right) \frac{1}{1 + 0,5 \frac{\Delta t_{x2}}{t_{x2}}} \left[1 - \frac{0,3m\mu_{x1}(\text{tg}\gamma_{x1} - \text{tg}\alpha)}{t_{x1}} \right], \quad (3)$$

$$\lambda = 0,354(\pi - 2K_{\varphi\varphi x}) \left[1 - 0,372 \frac{\rho_{x2}}{\rho_0 - C} \left(1 + \frac{\sin \varepsilon_{x2}}{1,57f} \right) \right],$$

де m - величина подачі,

f - коефіцієнт тертя,

ρ_x, R_x - відповідно, радіус калібру по гребню рівчака та радіус рівчака,

μ_{x1} - коефіцієнт витягання,

ε_x - кут нахилу до вертикалі рівнодіючої тиску металу на валки,

$\Delta t_x, t_x$ - обтиск по товщині стінки і товщина стінки у даному МОД,

γ_x, α - відповідно, кути нахилу розвертки твірні гребню рівчака калібрів та твірні оправки,

φ_X, K_ϕ - відповідно, кут випуску рівчака і коефіцієнт заповнення його металом,

ω_X, Θ_{tX} - відповідно, нейтральний кут і кут захоплення в зоні тиску по товщині стінки даного МОД.

Індекси 1 ; 2 при параметрах означають, відповідно, деформацію у вхідній та вихідній парах валків; індекс X - текуче значення параметра.

Експериментальні дослідження і отримані залежності дозволяють оцінити особливості напружено - деформованого стану металу при прокатуванні на станах ХПТ -4в.

Експериментальне визначення критичної пошкодженості сталі ЕІ 844

Важливим виявляється випробування критичної пошкодженості металу, перевищення якої приводить до виникнення незалікованості мікрodefектів при термообробці, що знижує експлуатаційні властивості виробів.

Існують два критерії пошкодженості W_X і W_{XX} (W_X - відповідає незалікованим мікрodefектам величиною до 2 мкм, W_{XX} - 20 мкм). Критерієм для даних труб є пошкодженість W_X . Величина W_X може бути знайдена тільки експериментально. В роботі проведені експерименти по розтягуванню циліндричних зразків зі сталі ЕІ 844 до різних ступенів деформації Λ_i і визначення пошкодженості W_i по залежності

$$W_i = \left(\frac{\Lambda_i}{\Lambda_p} \right)^a,$$

де Λ_p - ступінь деформації при розтягуванні до зруйнування.

Після термообробки усі зразки піддавалися розтягуванню до зруйнування. Пошкодженість після другої стадії розтягування W_2 визначалась

$$W_2 = \left(\frac{\Lambda_{p_2}}{\Lambda_p} \right)^a.$$

Очевидно, якщо залікування мікрodefектів здійсниться повністю, то $\Lambda_{p_2} = \Lambda_p$; $W_2 = 1$. У супротивному випадку має місце залишкова пошкод-

женість W_{BH} , яка визначалась: $W_{BH} = 1 - \left(\frac{\Lambda_{p_2}}{\Lambda_p} \right)^a$.

Встановлено, що при $W_1 \leq 0,276$ величина $W_{ВН}$ не перевищує 3...5 %. Тому, за критичну прийнята $W_X = 0,276$.

Розробка залежностей для визначення пошкодженості
металу при прокатуванні на станах ХПТ-4в.

Для розрахунку пошкодженості була використана модель, розроблена для двовалкового стану ХПТ під керівництвом А.А.Богатова. Пошкодженість (W) визначалась вздовж траєкторії руху матеріальної частини по конусу прокатування, як сума пошкодженостей в усіх МОД. При розрахунку пошкодженості на стані ХПТ-4в були внесені корективи, які полягають в обліку різниці параметрів σ/T , μ_σ у вхідній і вихідній парах валків. Розрахунки треба проводити по декількох траєкторіях з вибором максимальної величини W .

Аналіз причин нерівномірного розподілення пошкодженості дозволяє в значній мірі поліпшити цей фактор. Тому можливо використати відому залежність для розрахунку середньої пошкодженості при прокатуванні на двовалковому стані ХПТ. При прокатуванні на станах ХПТ-4в треба окрім різниці параметрів σ/T і μ_σ також полічити різницю деформацій та довжин зон тиску в обох парах валків. У результаті одержана залежність:

$$W = 1,62K_{HEM} \sqrt{m} \left\{ \sqrt{\frac{1+2\mu_{D_1}\mu_{S_1}}{L_{P_1}-L_{K_1}}} \left[\frac{\ln \mu_{D_1}}{\Lambda_{P_1}(\sigma/T)_1 \mu_{\sigma_1}} + \ln \mu_{S_1} \times \right. \right. \\ \times \left. \left(\frac{1-K_{ВЫП}}{\Lambda_{P_2}(\sigma/T)_2 \mu_{\sigma_2}} + \frac{K_{ВЫП}}{\Lambda_{P_1}(\sigma/T)_3 \mu_{\sigma_3}} \right) \right] + \sqrt{\frac{1+2\mu_{D_2}\mu_{S_2}}{L_{P_2}-L_{K_2}}} \times \\ \times \left. \left[\frac{\ln \mu_{D_2}}{\Lambda_{P_2}(\sigma/T)_1 \mu_{\sigma_1}} + \ln \mu_{S_2} \left(\frac{1-K_{ВЫП}}{\Lambda_{P_2}(\sigma/T)_2 \mu_{\sigma_2}} + \frac{K_{ВЫП}}{\Lambda_{P_2}(\sigma/T)_3 \mu_{\sigma_3}} \right) \right] \right\}, \quad (4)$$

де K_{HEM} - коефіцієнт немонотонності деформації, $K_{HEM} = 1,4...1,5$;

μ_{D_1}, μ_{S_1} - відповідно, коефіцієнти витягання по діаметру і товщині стінки;

L_{P_1}, L_{K_1} - відповідно, довжина робочої та калібруючої зон калібрів;

$K_{ВЫП}$ - коефіцієнт випуску ривчака калібрів;

$\Lambda_{P_1}(\sigma/T)_1 \mu_{\sigma_1}, \Lambda_{P_1}(\sigma/T)_2 \mu_{\sigma_2}, \Lambda_{P_1}(\sigma/T)_3 \mu_{\sigma_3}$ - відповідно пластичність у зоні редуціювання, та зоні обтиску у вершині ривчака і у випусках ривчака.

Індекси 1;2 при параметрах $\mu_S, \mu_D, L_P, L_K, A_P$ означають, відповідно, деформацію у вхідній і вихідній парах валків. Важливо також визначити допустиму деформацію при заданій пошкодженості W . Залежність (4) включає два невідомих - μ_S і μ_D . Тому для вирішення необхідно задати співвідношення цих деформацій. Одержана наближена залежність для визначення $\mu_\Sigma = \mu_S \mu_D$ при допущенні $\mu_S = \mu_D$. Вирішення здійснено чисельним методом, з використанням ЕРМ. Розрахунки для сталі ЕІ 844 при умові $W_\Sigma \leq 0,276$ показали, що для стану ХПТ-90-4в $\mu_\Sigma \leq 11,8$; для стану ХПТ - 90 $\mu_\Sigma \leq 7,1$ (в обох випадках $m=2$ мм). Однак μ_Σ можливо значно збільшити, коли деформацію виконати за 2 цикли (без термообробки) наприклад, на станах ХПТ - 90- 4в, ХПТ - 32-4в. У цьому випадку $W \leq 0,276$, при $\mu_\Sigma \leq 29,05$ ($\mu_1 = 5,8; \mu_2 = 5,01; m = 2$ мм). Це створює можливість виключити проміжну термообробку.

Експериментальна перевірка результатів розрахунку
пошкодженості при прокатуванні на станах ХПТ-4в.

Для перевірки достовірності розрахунку пошкодженості були виконані прокатування труб із сталі ЕІ 844 на станах ХПТ90-4в та ХПТ32-4в з різними ступенями деформації. Визначалась залишкова пластичність металу кільцевих зразків, відібраних від труб до і після термообробки при випробуваннях на сплющення, а також сегментів, вирізаних з кілець на перегиб навколо оправки. Залишкова пошкодженість W_{OCT} визначилась: $W_{OCT} = \left(\frac{A_{PH}}{A_{PO}} \right)^a$, де A_{PH} ; A_{PO} - пластичність металу до і після термообробки. Пошкодженість при прокатуванні дорівнює $W = 1 - W_{OCT}$. У табл. 2 подані розрахункові та експериментальні значення пошкодженості.

Як бачимо, розходження розрахункових та експериментальних значень W незначне (до 10 %).

Таблиця 2

Розрахункові та експериментальні значення
пошкодженості при прокатуванні на станах ХПТ-4в

№	Розмір труб, мм (типорозмір стану)	Ступінь деформа ції, %	Подача заготов -ки, мм	Залишкова пластичність		Пошкодженість при прокатуванні	
				після прокату- вання	після термо- обробки	експери- менталь- на	по залеж- ності (4)
0	93x7,5	-	-	-	-	-	-
1	38x3,2 (ХПТ90-4в)	82,5	2	2,307	2,539	0,136	0,128
2	16x1,3 (ХПТ32-4в)	83	3	2,226	2,561	0,190	0,198

Вплив параметрів прокатування на станах ХПТ-4в
на величину W та вибір оптимальних умов деформації.

Важливішими параметрами прокатування є: величина подачі заготовки, кут її повороту, величина загальної деформації, а також розподіл деформації між парами валків. Аналіз показав, що збільшення дрібності деформації приводить до зниження пошкодженості.

При зворотньому ході кліті пошкодженість менш ніж при прямому ході. У вхідній парі валків пошкодженість менш, ніж у вихідній парі. Оптимальні кути повороту заготовки 30-50°.

Із зростанням відношення ширини ривчака до його висоти пошкодженість зростає. Калібровки з більш інтенсивним зниженням деформації по довжені робочої зони приводять до зменшення пошкодженості. Рациональною є калібровка, яка не має перекриття робочих зон обох пар валків.

Аналіз дозволив визначити оптимальні параметри деформації. Доцільне прокатування з безперервною подачою заготовки, або подачою її перед обома ходами кліті, що збільшує частку деформації, яка здійснюється зворотнім ходом кліті.

Також ефективним є аналогічний поворот заготовки, що знижує нерівномірність пошкодженості металу.

Для станів ХПТ-4в доцільно частку від сумарної деформації, яка приходить на вхідну пару валків, збільшити до 75-80 %.

Розробка інтенсивних маршрутів холодного прокатування особливотонкостінних труб розмірами 6,9 x 0,3 і 5,8 x 0,3 мм

Проведені дослідження дозволили визначити способи і параметри холодної деформації труб для атомної енергетики із сталі ЕІ 844. Наведено чотирьохциклічний маршрут прокатування труб масових розмірів 6,9 x 0,3 та 5,9 x 0,3 мм, послідовно на станах ХПТ-90-4в, ХПТ-32-4в, ХПТПВ-8-25 з валково-роліковим інструментом і ХПТР-6-15 з дворядним сепаратором.

Характеристика маршрутів надана у табл. 3.

Таблиця 3

Маршрути прокатування труб розмірами 6,9x0,3 мм та 5,8x0,3 мм

№	Розмір труб, мм	Устаткування	Подача, мм	Ступінь деформації	Розрахункова пошкодженість
00	95x9,0	-	-	-	-
0	93x7,5	Обточні та розточні верстати			
1	38x3,2	Стан ХПТ90-4в	7,0	82,5	0,241
2	16x1,3	Стан ХПТ32-4в	5,0	83	0,235
3	8x0,7	Стан ХПТПВ8-25 з валково-роліковим інструментом	2,5	73	0,261
4	6,9x0,3	СтанХПТР6-15-2р	3,0	61,2	0,122
4'	5,8x0,3	---"---	3,0	66,0	0,134

Тобто кількість циклів деформації зменшена з 8 до 4, а загальна кількість операцій з 220 до 120. Приблизно на 40-45 % зменшуються енергозатрати і витрати по переробці завдяки зменшенню кількості термообробок з 9 до 5, деформаційних операцій з 8 до 4. Розроблена технологія освоєна на Південнотрубному заводі.

Дослідження якості готових труб, прокатаних по інтенсивній та штатній технологіям.

Проведені дослідження якості металу готових труб показали, що неоднорідність структури, різнозернистість, розподілення мікротвердості по товщині стінки труб, які прокатані з більшими деформаціями за цикл (73-83 %), менш ніж у труб, які прокатані по штатній технології.

Інтенсивні деформації після термообробки забезпечують більшу пластичність порівняно з цим показником для труб штатної технології.

Треба відмітити менший розкид величин електроопіру по довжині труб, які виготовлені по інтенсивній технології.

Розроблений комплексний підхід до вдосконалення технології може бути застосований до труб з іншого металу, так як методики визначення пластичності, пошкодженості і параметрів деформації виявляються достатньо універсальними.

Основні висновки.

1. Аналіз технології виробництва особливотонкостінних труб малих діаметрів (5-10 мм) з аустенітних сталей показав, що головною умовою зниження витрат по переробці, енерговитрат, та підвищення якості є зменшення циклічності виробництва, для чого необхідно значно збільшити ступені деформації за цикл.
2. Залежність пластичності сталі EI 844 від величин σ/T близька до прямолінійної. Залежність пластичності від амплітуди знакозмінної деформації відповідає закономірностям, характерним для явищ малоциклової втомленості.

3. У результаті експериментального дослідження силової взаємодії двох пар валків при прокатуванні на стані ХПТ-4в з обтиском на оправці встановлено, що метал, який знаходиться між осередками деформації, за час подвійного ходу кліті підлягає додатковому знакозмінному скрученню (10-12 змін напрямку деформації) і, як правило, осьовому стисненню. Отож найбільш ефективним шляхом збільшення деформації є застосування способу дворядного прокатування на станах ХПТ та ХПТР, де напружений стан металу більш сприятливий.
4. Встановлено, що при пошкодженості $W_x > 0,276$ у сталі ЕІ 844 утворюються незаліковувані при термообробці мікрodefекти, тому критичною є $W_x = 0,276$.
5. На підставі одержаних залежностей для розрахунку катаючих радіусів та осьових зусиль у вихідній парі валків визначені кінематичні умови процесу, які забезпечують оптимальні параметри зусиль взаємодії двох пар валків стану ХПТ - 4в.
6. Розроблена зкоректована модель для розрахунку пошкодженості вздовж траєкторії руху матеріальної частини по конусу прокатування, яка облікує особливості напружено-деформованого стану металу при дворядному прокатуванні на станах ХПТ-4в.
7. Одержана залежність для інженерних розрахунків пошкодженості металу на станах ХПТ-4в і ХПТР-2р. Встановлена допустима збіжність розрахункових і експериментальних значень пошкодженості, що дозволяє рекомендувати залежність для використання.
8. Виконані дослідження дозволили розробити інтенсивну технологію виробництва труб для атомної енергетики.
Застосовувані* маршрути забезпечили зниження циклічності виробництва труб масових розмірів.
9. Встановлено, що структура металу труб, які прокатані з підвищеними деформаціями, більш рівномірна, з меншою різнозернистістю і розкидом значень мікротвердості і електроопіру. Дворядні схеми прокатування забезпечили також підвищення точності розмірів труб.

10. Двократне зниження циклічності виробництва труб малих діаметрів забезпечило зменшення енергоспоживання і витрат по переробці.

Розроблена технологія освоєна на Південнотрубному заводі (м. Нікополь).

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:

1. Атанасов С.В., Попов М.В., Носачев М.В. Интенсификация производства тонкостенных холоднодеформированных труб путем совершенствования калибровки прокатного инструмента //Тез. докл. Всес. науч. техн. конф. молодых ученых “Проблемы трубного производства”, г. Днепропетровск, ноябрь, 1990, с.19.
2. Попов М.В., Вахрушева В.С., Вольфович Г.В., Атанасов С.В., Сердюк В.А. Исследование возможности получения особотонкостенных труб из стали Х16Н15М3Б путем применения новой технологии интенсивных обжатий // Вопросы атомной науки и техники. Харьков, 1986, №1, с.89.
3. Попов М.В., Вахрушева В.С., Атанасов С.В. Интенсификация процессов производства тонкостенных труб из нержавеющей сталей // Тез. докл. Всес. науч. техн. конф. “Опыт производства нержавеющей труб для атомной энергетики”, Москва, 1989, с.11.
4. Попов М.В., Атанасов С.В., Вольфович Г.В., Вахрушева В.С., Дубоссарский А.М. К механизму повышения технологической пластичности при двухрядной периодической прокатке труб //Известия вузов. Черная металлургия, 1990, № 7, с.46-48.
5. Павлов В.А., Попов М.В., Кетова В.М., Вахрушева В.С., Атанасов С.В., Малаев В.И. Влияние условий деформирования и термической обработки на внутреннее трение аустенитных сталей // , Москва, 1991, №1, с.184-187.
6. Атанасов С.В., Юлдашев Ш.А., Ли А.М. Влияние высоких степеней деформации на формирование субструктуры в нержавеющей сталях //Тез. докл. 4-й Республ. науч. техн. конф. “Субструктурное упрочнение металла”, Киев, сентябрь, 1990,с.47.

ABSTRACT

Atanasov S. V. Development of an intensive technology for producing extremely thin - walled tubes for atomic power energetics on the basis of study of plasticity and damages in steel ЭИ844БУ - ИД.

Competitor 's dissertation (on the rights of the manuscript) on for the scientific degree of Candidate of Sciences (Tech.), code 05.03.05 , Processes and Machines for Pressure Shaping. State Tube Research Institute, Dnepropetrovsk , 1996.

The dissertation is backed up by 6 research papers which contain theoretical research results of development and implementation of a technology for producing tubes for atomic power energetics from steel ЭИ844 , as well as experimental results.

The new technology was implemented industrially. Data illustrating efficiency of this technology is given.

Key words :technology, thin- walled tubes, plasticity.

АННОТАЦИЯ

Атанасов С. В. Разработка интенсивной технологии изготовления особотонкостенных труб для атомной энергетики на основе исследования пластичности и поврежденности стали ЭИ844БУ - ИД .

Диссертация (на правах рукописи) на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.05 - "Процессы и машины обработки давлением", Государственный трубный институт, Днепропетровск , 1996.

Защищается 6 научных работ, которые содержат теоретические исследования по разработке и освоению технологии изготовления труб для атомной энергетики из стали ЭИ844, а также результаты экспериментальных исследований. Приводятся данные об эффективности разработанной технологии.

Ключові слова :технологія, особливотонкостінні труби, пластичність.

Пошукач



Атанасов С.В.

APR 22 1964

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
LIBRARY
540 EAST 58TH STREET
CHICAGO, ILL. 60637

000000

AB. 35.894

АННОТАЦИЯ

Подписано к печати 18.10.96
Формат 60x84/16. Бумага типограф. №2. Печать офсетная.
Физ. п. л. 0,93. Уч.-издл. 0,6. Усл. п. л. 0,86.
Тираж 50 экз. Заказ *100*
Государственный трубный институт (ДТИ)
320600, Днепропетровск, ул. Писаржевского, 1-А.