

УДК 621.777.

<https://doi.org/10.34185/tpm.4.2022.06>**М. І. Медведєв, О. С. Бобух****Удосконалення технології виробництва труб з корозійностійких сталей і титанових сплавів.****М. Medvedev O. Bobukh****Improvement of the technology of production of pipes from corrosion-resistant steels and titanium alloys.**

Ціль роботи. Удосконалення технології виробництва безшовних труб з корозійностійких сталей аустенітного класу і титанових та цирконієвих сплавів. Розробка технічних рішень по визначенню раціональних температуро-деформаційних і швидкісних режимів пресування труб та експандування попередньо свердлених заготовок, які забезпечують виконання вимог нормативних документів а саме вимог іноземних стандартів [ASTME, DIN та інш.], ГОСТ, DSTU, а також зниження витратного коефіцієнту металу.

Методика досліджень. При визначенні математичної залежності раціональних температуро-деформаційних параметрів пресування труб і експандування попередньо свердлених заготовок були використані дані експериментальних досліджень пресування труб з різних сталей і сплавів.

Результати. Розроблено ряд технічних рішень по визначенню математичної залежності температур нагрівання заготовок від деформаційних параметрів (коефіцієнта витяжки при пресуванні труб), швидкості пресування, температури максимальної пластичності, залежності величини зерна аустеніта від параметрів технології пресування (температури нагрівання заготовок, геометричних параметрів заготовок та інструменту, тимчасового опору розриву) та інші.

Наукова новизна. Визначені раціональні температуро-деформаційні режими пресування труб з корозійностійких аустенітних сталей і титанових сплавів для авіаційної промисловості і атомної енергетики.

Практична значущість. Розроблені режими реалізовані при розробці технології виробництва труб на вітчизняних та іноземних пресових

установках з забезпеченням вимог нормативної документації.

Ключові слова: корозійностійкі сталі, сплави, пресування труб

The purpose of the work. Improvement of the production technology of seamless pipes from corrosion-resistant steels of the austenitic class and titanium and zirconium alloys. Development of technical solutions for determining rational temperature, deformation and speed regimes of pipe pressing and expansion

pre-drilled blanks, which ensure the fulfillment of the requirements of regulatory documents, namely the requirements of foreign standards [ASTME, DIN, etc.], GOST, DSTU, as well as a reduction in the consumption coefficient of the metal. Research methodology. When determining the mathematical dependence of the rational temperature-deformation parameters of pipe pressing and expansion of pre-drilled blanks, data from experimental studies of pipe pressing made of various steels and alloys were used.

Results. A number of technical solutions have been developed to determine the mathematical dependence of workpiece heating temperatures on deformation parameters (coefficient of extraction during pipe pressing), pressing speed, temperature of maximum plasticity, dependence of the austenite grain size on the parameters of the pressing technology (heating temperature, geometric parameters of workpieces and tools, temporary resistance to rupture) and others.

Scientific novelty. Rational temperature-deformation regimes for pressing pipes made of corrosion-resistant austenitic steels and titanium alloys for the aviation industry and nuclear power are determined

Practical significance. The developed regimes were implemented during the development of pipe production technology at domestic and foreign press installations to ensure the requirements of regulatory documentation.

Key words: corrosion-resistant steels, alloys, pipe pressing

Відомо [2-4 та ін.], що отримання якісних корозійностійких товарних труб з нержавіючих сталей аустенітного класу із забезпеченням регламентованої структури у відповідність до вимог нормативних документів (ГОСТ 5639-82, ASTM A312 і E112 і ін.) є досить трудомістким. Це зумовило розробку ряду технічних рішень по оптимізації технології пресування труб з аустенітних сталей і нікелевих сплавів.

Так, в роботі [4] запропоновано для виробництва труб з аустенітних сталей з регламентова-

ною структурою здійснюють нагрів заготовки до температури 0,75-0,8 температури плавлення сталі, потім деформують заготовку пресуванням з витяжкою 3-30, витримують пресвибір (трубу) на повітрі протягом 35-95 с і після цього охолоджують у воді, при цьому швидкість деформування встановлюють залежно від необхідної зерен структури і технологічних параметрів, визначаючи її за формулою:

М. І. Медведєв,
О. С. Бобух

M. I. Medvedev,
O. S. Bobukh

$$U = -3,9343\sigma_B + 1,2684T_{\text{деф}} + 3,3558 \frac{D_K^2 - d_i^2}{D_{\text{тр}}^2 - d_i^2} + 0,1859\tau - 3,2557\text{Д} - 939,62, \quad (1)$$

де U – швидкість деформування, мм/с; σ_B – тимчасовий опір розриву, кт/мм²; $T_{\text{деф}}$ – температура деформації, °С; D_K – максимальний діаметр контейнера преса, з якого можна отримати заданим розмір труб, мм; $D_{\text{тр}}$ – діаметр труби, мм; d_i – діаметр голки; τ – час витримки виробу (труби) на повітрі, с; Д – показник зернової структури (середній діаметр зерна аустеніту), мкм.

При заданій величині зерна і відомих технологічних параметрах діаметр контейнера вибирається максимально можливим (для даного пресового обладнання) з умови допустимих зусиль пресування і по залежності (1) розраховується необхідна величина швидкості деформування.

Якщо розрахункова величина швидкості деформування входить в діапазон технічно можливих для даного преса швидкостей переміщення пресштемплеля, то вибір швидкості деформування вважається закінченим, проводиться установка даної швидкості на пресі і процес пресування здійснюється з реалізацією рекомендованих вище технологічних параметрів.

Якщо розрахункову швидкість деформування неможливо реалізувати на даному пресовому обладнанні, то обраний коефіцієнт витяжки кори-

гується до тих пір, поки розрахункова швидкість не потрапить в технічно можливий діапазон.

Даний спосіб успішно реалізується на трубопресових установках ПрАТ «СЕНТРАВІС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН».

В роботі [5] запропоновано спосіб пресування труб шляхом зміни умов охолодження пресованих труб в залежності від технологічних параметрів процесу пресування, які забезпечують отримання регламентованого середнього діаметру зерна (структури металу труб), яке відповідає вимогам вітчизняних та міжнародних стандартів з корозійної стійкості труб.

Поставлена задача вирішена тим, що в способі пресування труб з аустенітних сталей, що включає нагрів порожнистих заготовок до температури максимальної пластичності, пресування в кільцевий зазор утворений матрицею та голкою і подальше охолодження у воді, при цьому згідно з роботою [5] пресування здійснюють з коефіцієнтом витяжки в межах 5-30 та швидкостями деформування в межах 100-350 мм/с, витримують пресовану трубу на повітрі в межах 35-95 с перед охолодженням у воді, при цьому середній діаметр зерна аустеніту готових труб визначають за формулою:

$$D = 0,39T_{\text{деф}} + 1,03\mu - 0,307V_{\text{пр}} - 1,2\sigma_B + 0,057\tau - 288,6, \quad (2)$$

де:

D – середній діаметр зерна аустеніту готових труб, мкм;

$T_{\text{деф}}$ – температура максимальної пластичності деформованого металу, °С;

μ – коефіцієнт витяжки при пресуванні труб;

$V_{\text{пр}}$ – швидкість деформування, мм/с;

σ_B – межа міцності деформованого металу при температурі деформації, кгс/мм²;

τ – час витримки труби на повітрі, с.

В залежності від геометричних розмірів пресованих труб і деформаційних параметрів процесу для обраної марки сталі визначають температуру максимальної пластичності з літературних даних, наприклад за результатами випробувань на гаряче скручування зразків, визначають коефіцієнт витяжки при пресуванні труби, який повинен знаходитись в межах 5-30, для температури максимальної пластичності визначають міцність деформованого металу та час витримування пресованої труби на повітрі і проводять подальше охолодження у воді, а потім розраховують середній діаметр зерна аустеніту пресованих труб згідно з даними роботи [5]. При відхиленні середнього діаметру зерна аустеніту від вимог нормативних документів проводять корегування технологічних параметрів до відповідності значень середнього діаметру зерна аустеніту вимогам вітчизняних та міжнародних стандартів з корозійної стійкості.

Для отримання товарних труб аустенітного класу з регламентованої структурою (величиною зерна 6-7 бали за ГОСТ 5639-82 або ASTM E112) в роботі [6] запропоновано здійснювати нагрів за-

готовок перед експандуванням до температури, яка визначається залежністю

$$T_{\text{экс}} = 1180^\circ\text{C} \left(1 + \frac{\ln \mu_{\text{экс}}}{100} \right)$$

(3)

де $\mu_{\text{экс}}$ – коефіцієнт витяжки при експандуванні, який знаходиться в діапазоні 1,0-1,59, а підігрів гільз перед пресуванням до температур $T_{\text{пресс}}$, яка в 1,017-1,034 вище, ніж температура нагріву заготовок перед експандуванням.

Дані параметри нагріву заготовок і підігріву гільз встановлені експериментально на пресовій установці 44,0 МН ПрАТ «СЕНТРАВІС

ПРОДАКШН ЮКРЕЙН» і успішно реалізували при пресуванні труб аустенітного класу з регламентованою зереною структурою.

Для отримання товарних труб аустенітного класу з регламентованої структурою (величиною зерна 6-7 бали за ГОСТ 5639-82 або ASTM E112) в роботі [7] запропоновано здійснювати нагрів заготовок перед пресуванням до температури, яка визначається залежністю

$$T = 1140 \left(1 + \frac{\ln \mu}{100} \right) \quad (4)$$

T – температура нагріву заготовки, °C

μ – коефіцієнт витяжки при пресуванні труб, що дорівнює 5-30.

В залежності від геометричних розмірів труб і деформаційних параметрів процесу для обраної марки сталі визначають коефіцієнт витяжки при пресуванні труби, який повинен знаходитись в межах 5 – 30. Далі згідно з корисною моделлю визначають температуру нагріву заготовок, наносять на зовнішню та внутрішню поверхні технологічне мастило та проводять пресування труби в кільцевий зазор, утворений матрицею та голкою і подальше охолодження в воді.

Спосіб реалізовано на пресовій установці 16,0 МН при виготовленні труб наступних типорозмірів: 57x6,0 мм, 89x5,0мм та 88,9 x 19,05 мм. Матеріалом заготовок була аустенітна сталь TP304H.

Коефіцієнти витяжки для труб 57x6,0мм, 89x5,0мм та 88,9x9,05мм склали 30, 20,1 і 8,7 відповідно. Температура нагріву заготовок відповідно корисної моделі склали для труб 57x6.0 мм -1180 °C, для труб 89x5,0 мм - 1170 °C і для труб 88,9x19,05 мм - 1165 °C.

В разі застосування технологічних режимів запропонованих в роботі [7] пресовані труби відповідали вимогам нормативних документів (в тому числі вітчизняних та міжнародних) по середньому діаметру зерна аустеніту, з номером зерна 6-7

Для отримання гарячепресованих труб із заданим ГОСТ 9940-81 рівнем шорсткості внутрішньої поверхні в роботі [8] запропоновано процес пресування проводити з урахуванням розробленого поєднання основних технологічних параметрів (температури, ступеня і швидкості деформації), які забезпечують формування структурних змін в високолегованих і низькопластичних сталях (в тому числі і сплавах аустенітного класу на нікелевої основі).

При пресуванні труб проводиться нагрів заготовок до температури 1130-1180°C, нанесення скломастила, отримання порожнистої гільзи на вертикальному гідравлічному пресі, підігрів гільзи, нанесення скломастила і наступне пресування на трубопрофільном пресі з коефіцієнтом витяжки 3-18 в діапазоні температур 0,88-0,91 температури оплавлення кордонів зерен, при цьому швидкість деформування $V_{пр}$ – в процесі отримання порожнистої гільзи визначається з відповідності

$$V_{пр} = \frac{200}{\mu_{пр}} (1 \pm 0,1), \quad (5)$$

де $\mu_{пр}$ – коефіцієнт витяжки при прошивці або експандуванні.

Даний спосіб реалізований на ПрАТ «СЕНТРАВІС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН» при виробництві труб з високолегованого сплаву ВНС53П в діапазоні типорозмірів труб $\varnothing 95 \times 4,5-12$ мм у відповідність з вимогами ГОСТ 9940-81 по шорсткості зовнішньої і внутрішньої поверхні ($R_z < 40$ мкм).

З метою забезпечення високої якості зовнішньої поверхні труб за рахунок наявності тонкого не-

розривного шару скломастила між інструментом (внутрішньої втулкою контейнера преса) і металом, що деформується, в роботі [9] запропоновано в заготовці, що має форму циліндра, на її бічній поверхні з обох торців виконують потовщення, діаметр які визначають із залежності $D_{гр} = D_k - 1$ мм, а їх довжина $L_{гр}$ складає $0,1 L_{заг}$, де $D_{гр}$ – діаметр потовщення, мм; D_k – діаметр втулки контейнера в холодному стані, мм; $L_{заг}$ – довжина заготовки, мм.

Використання запропонованої заготовки для пресування труб із сплавів на основі нікелю, титану та інших матеріалів дозволило виготовляти труби з якістю зовнішньої поверхні, що відповідають вимогам нормативної документації, зокрема вимогам ГОСТ 21975-76.

З метою забезпечення високої якості внутрішньої поверхні гільз в процесі експандування попередньо свердлених заготовок в роботі [10] запропонована оправлення для експандування заготовок спеціальної форми (підвищеної довжини робочої частини), використання якої забезпечує рівномірну подачу скломастила в осередок деформації. При цьому оправлення для експандування заготовок, що складається з носка, конічної і циліндричної частини, відрізняється тим, що довжина конічної частини визначається залежністю:

$$L_{кон} = \frac{D_{цил}}{2tg\alpha}, \quad (6)$$

де $L_{кон}$ – довжина конічної частини оправлення, мм; $D_{цил}$ – діаметр циліндричної частини оправлення, мм; α – кут конусності оправлення; $\alpha = 18$ ($1 - \lg 2\mu_{екс}$); $\mu_{екс}$ – коефіцієнт витяжки при експандуванні.

З метою підвищення якості зовнішньої поверхні труб з аустенітних сплавів на нікелевій і залізонікелевій основі в роботах [11,12] запропоновано використовувати раціональну обкатку зовнішньої поверхні заготовок після свердління зі ступенем деформації 0,005-0,025, при цьому ступінь деформації при обкатці визначається зі співвідношення:

$$\varepsilon = \frac{D_n - D_k}{D_n}, \quad (7)$$

де D_n – зовнішній діаметр до обкатки, мм; D_k – зовнішній діаметр після обкатки, мм.

Крім того, запропоновано після завершення процесу раціональної обкатки на зовнішній поверхні формувати додаткові заглиблення глибиною 0,5 мм, шириною 10 мм при радіусі сполучення 25 мм на відстані 30 мм одного від іншого. Одночасно додаткові поглиблення формуються по гвинтовій лінії.

Використання даної підготовки заготовок до пресування забезпечує:

отримання на поверхні заготовки тонкого шару дрібнозернистої структури деформованого металу, а також ущільнення і закачування дефектів пористої структури;

додаткові поглиблення на зовнішній поверхні заготовок дозволяють захоплювати і рівномірно розподіляти великий обсяг мастильного матеріалу;

формування додаткових заглиблень на зовнішній поверхні по гвинтовій лінії забезпечує високу технологічність процесу пресування металу і рівномірне спрацювання інструменту (втулок контейнера трубопрофільних преса).

В роботі [13] запропоновано вдосконалення способу пресування труб з аустенітних сплавів на основі нікелю, титану та інших важкодеформованих матеріалів шляхом визначення раціональних деформаційних параметрів експандуванні попередньо свердлених заготовок, що забезпечують високу пластичність металу при експандуванні і якість зовнішньої і внутрішньої поверхні заготовок (гільз).

При цьому в способі виготовлення труб із застосуванням гарячого експандування попередньо свердлених заготовок і пресування труб за один цикл преса, що включає нагрів заготовок, нанесення на зовнішню і внутрішню поверхні технологічного мастила, послідовні операції роздачі попередньо свердлених заготовок з кінцевим розширенням отвору в торці заготовки, зверненого до пресшайби, запропоновано використовувати спеціальний експандуючий наконечник і пресування труби в кільцевий зазор, утворений матрицею і голкою трубопрофільного преса, а експандування заготовок виробляють прошивною групою трубопрофільного преса зі ступенем деформації 10-20%, при цьому величину ступеня деформації визначають із залежності:

$$\varepsilon = \frac{D_k^2 - d_{\text{экс}}^2}{D_3^2 - d_{\text{св}}^2}, \quad (8)$$

де D_k – діаметр контейнера трубопрофільних преса, мм; $d_{\text{экс}}$ – діаметр калібрує експандующею наконечника, мм; D_3 – діаметр заготовки, мм; $d_{\text{св}}$ – діаметр свердління заготовки під експандуванні, мм.

Вищевказаний захід реалізовано при виробництві труб з аустенітних сталей і сплавів на нікелевій і залізонікелевій основі в виробничих умовах на ПрАТ «СЕНТРАВІС ПРОДАКШН УКРЕЙН» і ТОВ ВО «Оскар».

В роботі [10] вирішена задача вдосконалення способу гарячого пресування труб з важкодеформованих металів шляхом зміни параметрів нагріву порожнистої заготовки за рахунок чого забезпечується регламентування високого рівня пластичності металу готових труб та їх відповідність вимогам нормативних документів (а саме, вимогам міжнародних стандартів, ГОСТ і ТУ), а також зниження витратного коефіцієнту металу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виробництва труб з важкодеформованих матеріалів, у тому числі зі сплавів на основі нікелю, титану, цирконію, методом гарячого пресування попередньо просвердлених заготовок, що включає нагрів заготовок, нанесення на зовнішню та внутрішню поверхні технологічного мастила, пресування труби в кільцевий зазор, який утворюється матрицею та голкою, відповідно до корисної моделі температуру нагріву заготовки визначають за формулою:

$$T_H = T_{\text{пл}} + K \left(\frac{1000}{S_r} - 20 \right), \quad (9)$$

де $T_{\text{пл}}$ – температура максимальної пластичності деформованого металу, $^{\circ}\text{C}$;

K – коефіцієнт пропорційності ($K=6$ – для вуглецевих, легованих та аустенітних нержавіючих сталей, $K=10$ – для феритних нержавіючих, титанових, нікелевих та цирконієвих сталей);

S_r – товщина стінки гільзи, мм.

Технічним результатом запропонованого способу є забезпечення мінімальних силових умов пресування та високого рівня механічних властивостей готової труби, які відповідають вимогам нормативної документації, при одночасному зниженні витратного коефіцієнту металу.

Даний результат досягається завдяки запропонованим умовам нагріву заготовок, а саме залежності температури нагріву від температури максимальної пластичності й товщини стінки гільз, які дозволяють отримати механічні властивості у відповідності до вимог нормативних документів, а саме ГОСТ, ТУ та ASTM. В основі даної роботи лежить вирішення задачі вдосконалення способу гарячого пресування труб з важкодеформованих матеріалів шляхом зміни параметрів нагріву порожнистої заготовки за рахунок чого забезпечується регламентування високого рівня пластичності металу готових труб та їх відповідність вимогам нормативних документів (а саме, вимогам міжнародних стандартів, ГОСТ і ТУ), а також зниження витратного коефіцієнту металу.

В роботі [15] вирішена задача вдосконалення способу гарячого пресування труб з важкодеформованих матеріалів шляхом зміни параметрів нагріву порожнистої заготовки за рахунок чого забезпечується регламентування високого рівня пластичності металу готових труб та їх відповідність вимогам нормативних документів (а саме, вимогам міжнародних стандартів, ГОСТ і ТУ), а також зниження витратного коефіцієнту металу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виготовлення труб з важкодеформованих матеріалів, у тому числі корозійностійких сталей і сплавів на основі нікелю, титану, цирконію, методом гарячого пресування порожнистих заготовок, що включає нагрів заготовок, нанесення на зовнішню та внутрішню поверхні технологічного мастила, пресування труби в кільцевий зазор, який утворюється матрицею та голкою, відповідно до розробок роботи [15] температуру нагріву заготовки (T_H) визначають за формулою:

$$T_H = T_{\text{пл}} - K \left[10 - \frac{100}{\mu_{\text{пр}}} \right], \quad (10)$$

де $T_{\text{пл}}$ – температура максимальної пластичності деформованого металу, $^{\circ}\text{C}$;

K – коефіцієнт пропорційності ($K=10$ – для вуглецевих, легованих та аустенітних нержавіючих сталей, $K=6$ – для феритних нержавіючих, титанових, нікелевих та цирконієвих сталей)

$\mu_{\text{пр}}$ – коефіцієнт витяжки при пресуванні.

Рекомендовані параметри процесу нагріву гільз були визначені експериментально.

Технічним результатом запропонованих режимів є забезпечення мінімальних силових умов пресування та високого рівня механічних властивостей готової труби, які відповідають вимогам нормативної документації, при одночасному зниженні витратного коефіцієнту металу.

В роботі [16] вдосконалено спосіб гарячого пресування труб з важкодеформованих матеріалів шляхом зміни параметрів нагрівання і швидкості деформування при експандуванні попередньо свердленої заготовки за рахунок чого забезпечується регламентування високого рівня якості внутрішньої поверхні готових труб та їх відповідність вимогам нормативних документів (а саме, вимогам міжнародних стандартів, ГОСТ і ТУ), а також зниження витратного коефіцієнту металу.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виготовлення труб з важкодеформованих металів, в тому числі сплавів на основі нікелю, титану, цирконію, що включає нагрівання попередньо свердлених заготовок, нанесення технологічного мастила, їхнє експандування, підігрівання отриманих гільз до температури яка дорівнює $0,8 T_{пл}$, ($T_{пл}$ температура оплавлення меж зерен) – температура максимальної пластичності, пресування в кільцевий зазор, який утворено матрицею та голкою, коли нагрівання заготовок перед експандуванням здійснюють до температури (T_e), яку визначають за формулою $T_e = 1080^{\circ}\text{C} \left(1 + \frac{\ln \mu_e}{3}\right)$, де μ_e коефіцієнт витяжки при експандуванні, що дорівнює 1,0-1,3, а швидкість деформування при експандуванні визначають за формулою $V=180/\mu_e$.

Рекомендовані параметри процесу нагріву та швидкості деформування гільз були визначені експериментально.

Результатом запропонованого способу є забезпечення якості внутрішньої поверхні готової труби, які відповідають вимогам нормативної документації, при одночасному зниженні витратного коефіцієнту металу, який досягається завдяки запропонованим умовам нагріву заготовок, а саме залежність температури нагріву від коефіцієнту витяжки при експандуванні, а також швидкості деформування при експандуванні, що дозволяють отримати характеристики якості внутрішньої поверхні пресованих труб у відповідності до вимог нормативних документів, а саме ГОСТ, ТУ та ASTM.

Для забезпечення можливості виготовлення труб підвищеної довжини також зменшення ви-

тратного коефіцієнту металу в роботі [17] вдосконалено

спосіб виробництва труб з важкодеформованих матеріалів, у тому числі зі сплавів на основі нікелю, титану, цирконію, методом гарячого пресування порожнистих заготовок, що включає нагрів заготовок, нанесення на зовнішню та внутрішню поверхні технологічного мастила, пресування труби в кільцевий зазор, який утворюється матрицею та голкою, відповідно до даних роботи [17] пресування здійснюють на голці, яка по довжині має різний діаметр, де передній кінець $l_{пк}$ становить 0,1 - 0,2 загальної довжини l_r , та діаметр $d_{пк}$ який менше діаметру основного тіла голки d_T , що формує внутрішню поверхню труби, при цьому діаметр переднього кінця голки визначають із спів-

відношення $\ln \mu_{пк} = \frac{1}{2} \ln \mu_T$, де: $\mu_{пк}$ – коефіцієнт витяжки при пресуванні переднього кінця труби; μ_T – коефіцієнт витяжки при пресуванні основної частини труби, при

$$\mu_T = \frac{D_K^2 - d_T^2}{D_T^2 - d_T^2}, \quad \mu_{пк} = \frac{D_K^2 - d_{пк}^2}{D_T^2 - d_{пк}^2}. \quad \text{де: } D_K -$$

діаметр контейнера преса, мм; D_T – діаметр труби, мм; d_T – діаметр тіла голки, мм; $d_{пк}$ – діаметр переднього кінця голки, мм.

Рекомендовані параметри процесу пресування заготовок були визначені експериментально.

Результатом впровадження запропонованого способу є забезпечення раціональних силових умов пресування при одночасному зниженні витратного коефіцієнту металу.

Висновки.

Розроблено ряд технічних рішень по визначенню математичної залежності температур нагрівання заготовок від деформаційних параметрів (коефіцієнта витяжки при пресуванні труб), швидкості пресування, температури максимальної пластичності), залежності величини зерна аустеніта від параметрів технології пресування (температури нагрівання заготовок, геометричних параметрів заготовок та інструменту, тимчасового опору разриву) та інші. Розроблено ряд технічних рішень по визначенню математичної залежності температур нагрівання заготовок від деформаційних параметрів Розроблені режими реалізовані при розробки технології виробництва труб на вітчизняних та іноземних пресових установках з забезпеченням вимог нормативної документації.

Література

1. Прессование стальных труб и профилей / Г. И. Гуляев, А. Е. Притоманов, О. П. Дробич и др. – М.: Металлургия, 1973. – 192 с.
2. Горячее прессование труб и профилей / Ю. В. Манегин, А. Е. Притоманов, Т. Шпиттель, А. Кнашнер. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.
3. Медведев М. И., Гуляев Ю. Г., Чукмасов С. А. Совершенствование процесса прессования труб. – М.: Металлургия, 1986. – 149 с.
4. А. с. 1561302 (СССР) Способ изготовления изделий из аустенитных сталей / Медведев М. И., Блощинский Г. П., Притоманов Л. Е. и др. Опубл. в Б. И. 1988. – №29. – с. 27.

5. Пат. 148925 Україна. Спосіб пресування труб з аустенітних сталей МПК(2021.01) В21С 23/00, В21С 37/00/ Медведєв М.І., Фролов Я.В., Шифрін Е.І., Бобух О.С.; Володілець Національна Металургійна Академія України.-№ u 2021 02667; заявл. 21.05.2021, опубл. 29.09.2021, Бюл №39.

6. Патент №77963. Україна, МПК В21С 23/08 Спосіб виготовлення труб 23/з аустенітних сталей / Приватне Акціонерне Товариство «СЕНТРАВІС ПРОДАКШН ЮКРЕЙН», Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості ім. Я. Ю. Осади; Панченко С. А., Горгуль С. І., Медведєв М. І. та ін. – u 2012 06408. – Заявл. 28.05.2012. Опубл. 11.03.2013 / Офіційний бюл. №5.

7. Пат. 1511101 Україна. Спосіб виготовлення труб з аустенітних сталей МПК (2022.01) В21/00, В21С 37/00, В21С 23/02 (2006.01) / Медведєв М.І., Фролов Я.В., Бобух О.С., Самсоненко А.А.; Володілець Український державний університет науки і технологій - № U 2022 00340; заявл. 28.01.2022. опубл. 01.06.2022, Бюлл. №22

8. Патент 18726, Україна, МПК В21С 23/08 Спосіб виготовлення труб з високолегованих сталей та сплавів / Державний науково-дослідний і конструкторсько-технологічний інститут трубної промисловості (ВНІТІ), Нікопольський Південно-трубний завод (НПТЗ); Блощинський Г. П., Притоманов О. Е., Царьков О. К., Медведєв М. І. та ін. – 96240157 Заявл. 13.09.93. Опубл. 25.12.97 / Офіційний бюл. №6

9. Пат. 142540 України. Заготовка для пресування труб. МПК (2020.01) В21С23/00 / Фролов Я. В., Медведєв М. І., Бобух О. С., Андреев В. В.; Блощинський Г. П.; заявник та власник Національна металургійна академія України. – № u202000119; заявл. 08.01.2020; опубл. 10.06.2020, Бюл. №11. – 5 с. – <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1438997/>.

10. Пат. 143981 України. Оправка для експандування заготовок. МПК (2020.01) В21С23/00 G01L1/04 / Фролов Я. В., Медведєв М. І., Бобух О. С., Андреев В. В., Бондаренко С. В.; Блощинський Г. П.; заявник та власник Національна металургійна академія України. – № u202001201; заявл. 24.02.2020; опубл. 25.08.2020, Бюл. №16. – 5 с. – <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1449472/>.

11. Пат. 144171 України. Спосіб пресування труб із важкодеформованих металів. МПК В21С 23/08 (2006.01) / Проїдак Ю. С., Медведєв М. І., Фролов Я. В., Бобух О. С., Дайрбекова Г. С.; Жаслан Р. К.; заявник та власник Національна металургійна академія України; Карагандінський державний індустріальний університет. – № u 2020 01904; заявл. 18.03.2020; опубл. 10.09.2020, Бюл. №17. – 7 с. – <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/1451534/>.

12. Патент KZ №5429 Спосіб пресування труб из труднодеформируемых металлов. МПК В21С 23/08/ Проїдак Ю.С., Медведєв М.І., Фролов Я.В., Бобух А.С., Дайрбекова Г.С., Жаслан Р.К., Заявитель и владелец НМетАУ и КарГИУ(KZ) Заявка №2020/0369 Опубл. 11.12.2020 бюл №50 (<https://gosreestr.kazpatent.kz/utilitymodel/Detail/docNumbtr=326488>)

13. Пат. 129083 Україна. Спосіб виготовлення труб з металів, які важко деформуються. МПК (2018.01) В21С 23/00, В21С 37/00 / Проїдак Ю. С., Фролов Я. В., Медведєв М. І., Безпалова Н. О., Блощинський Г. П.; Куценко М. О.; заявник та власник Національна металургійна академія України.- № u201802826; заявл. 20.03.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл. №20. – 6 с. – <https://sis.ukrpatent.org/uk/search/detail/240037/>.

14. Пат. 148267 Україна. Спосіб виготовлення труб з важкодеформованих металів. МПК В21С 23/08 (2006.01) Медведєв М.І., Фролов Я.В., Шифрін Е.І., та інш.; заявник та власник Національна металургійна академія України. № U 2021 01267, заявл. 15.03.2021 опубл. 21.07.2021 Бюлл. №29

15. Пат. 151552 Україна. Спосіб виготовлення труб з важкодеформованих металів. МПК В21С 23/00, В21С 37/06 Медведєв М.І., Бобух О.С., Самсоненко А.А., Березос В.О. Володілець Український державний університет науки і технологій - № U 2022 01221; заявл. 14.04.2022, опубл. 10.08.2022, Бюлл. №32

16. Пат. 151902 Україна Спосіб виготовлення труб з важкодеформованих металів. МПК В21С 23/00, В21С 37/00 Медведєв М.І., Бобух О.С., Самсоненко А.А., Березос В.О. Володілець Український державний університет науки і технологій - № U 2022 01498; заявл. 10.05.2022, опубл. 10.08.2022, Бюлл. №39.

17. Пат. 151620 Україна Спосіб виготовлення труб з важкодеформованих металів. МПК В21С 23/00, В21С 37/00 Медведєв М.І., Бобух О.С., Самсоненко А.А., Березос В.О. Володілець Український державний університет науки і технологій - № U 2022 01672 заявл. 24.05.2022, опубл. 17.08.2022, бюлл. №33