

Корисна модель відноситься до обробки металів тиском і може бути використаний при виробництві трубних заготовок прошиванням переважно на пілігримових трубопрокатних агрегатах, до складу яких входять горизонтальні гідравлічні преса.

Відомий спосіб прошивання злитків шляхом дії інструменту на злиток зі сторони його донця і дії на нього зусилля підпору (Шевакин Ю. Ф., Рытиков А. М., Сейдалиев Ф. С. Производство труб из цветных металлов. Москва: Металлургииздат, 1963. 355 с.).

Недоліком цього способу є потрапляння дефектного металу в стінку стакану, що погіршує якість продукції, що отримується, і збільшує коефіцієнт витрати металу.

Відомий спосіб прошивання злитків шляхом дії інструменту на злиток зі сторони його донця і прикладання до нього зусилля підпору, причому зусилля підпору прикладають після прошивання злитка до вершини усадкової раковини, а знімають безпосередньо після її закриття, при цьому зусилля підпору приймають рівним зусиллю прошивання (А. С. 586956 СССР, МКИ В21 J05/10, В21 С23/08. Способ прошивки слитков / О. А. Пляцковский, Б. М. Галицкий, Ю. С. Пикинер, Б. Г. Павловский и И. С. Летучий. № 2097997/25-27; заявл. 20.01.1975; опубл. 05.01.1978, Бюл. № 1).

Недоліком відомого способу є недоцільність використання його для прошивання круглої заготовки із безперервнолитого металу, в якій відсутні усадкова раковина і передусадкова порожнина.

Відомий спосіб прошивання на горизонтальному гідравлічному пресі, що містить розміщення заготовки в матриці шляхом її переміщення і прошивання заготовки в стакан прошивним пуансоном з підпором на задній торець заготовки з утворенням донця (Оборудование цехов с пилигримовыми трубопрокатными установками / С. Н. Кожевников, А. В. Праздников и др. Москва: Металлургия, 1974. 256 с.).

В трубному виробництві для прошивання заготовок (злитків) в матриці (контейнері) використовують тільки заповнююче прошивання. Переваги пресового прошивання обумовлені схемою всебічного стискання, що збільшує пластичність металу. При прошиванні велике зусилля на прошивний пуансон викликає його згин, що приводить до різностінності. Деформація відбувається в глухій (із закритим дном) матриці (контейнері), що забезпечує підпор на задньому торці заготовки в процесі прошивання. Тому повне (наскрізне) прошивання не досягається і в результаті отримується стакан.

Недоліками відомого способу є наступні:

1. Підвищена різностінність заднього кінця стакану (біля донця), що обумовлено особливостями процесу прошивання заготовки на діючих горизонтальних гідравлічних пресах.

2. Прошивання заготовки у стакан з донцем не дозволяє оперативно контролювати і усувати підвищену різностінність стакану, яке має місце в основному у донця.

3. Наявність донця товщиною 100÷150 мм приводить до збільшення осьового зусилля на стрижень оправки косовалкового розкатного стану-елонгатора, встановленого в лінії пілігримового трубопрокатного агрегату.

4. Підвищена кінцева різностінність стаканів і гільз приводить до відповідного збільшення різностінності труб, які прокатуються на пілігримовому стані, що збільшує відбракування по невідповідності товщині стінки вимогам стандартів і збільшенню витратного коефіцієнта металу.

Найбільш близьким аналогом до способу прошивання заготовок, який пропонується, по технічній суті і технічному результату, котрий досягається, є спосіб прошивання заготовки на горизонтальному гідравлічному пресі, який включає розміщення заготовки в матриці шляхом її переміщення і прошивання заготовки в стакан з донцем прошивним пуансоном з підпором на задній торець заготовки з боку опорного пуансона з отриманням донця товщиною 100-450 мм, підпор на задній торець заготовки знімають за допомогою переміщення опорного пуансона в напрямку прошивання і прошивають донце стакану прошивним пуансоном, головка якого виконана сферичною (Спосіб прошивки заготовки на горизонтальному гідравлічному пресі: патент 99744 Україна: МПК В21 J05/10, В21 С23/08, В21 В21/00. № u201413746; заявл. 22.12.2014; опубл. 25.06.2015, Бюл. № 12/2015.).

Суттєвими ознаками найближчого аналога, котрі співпадають з суттєвими ознаками винаходу, що заявляється є: розміщення заготовки в матриці шляхом її переміщення і прошивання заготовки з утворенням наскрізного отвору в дві стадії, на першій стадії здійснюють прошивання заготовки прошивним пуансоном зі сферичною головкою з підпором на задній торець заготовки зі сторони опорного пуансона з утворенням донця, прошивання донця на другій стадії без підпору на задній торець заготовки за рахунок переміщення опорного пуансона в напрямку прошивання.

Недоліком відомого способу є:

1. При наскрізному прошиванні заготовки на пресі мають випадки втрати металу в результаті утворення вичавки, що збільшує витратний коефіцієнт металу. При використанні в якості вихідної заготовки безперервнолитий метал, який має на відміну від злитка стаціонарне розливання однорідну якість внаслідок відсутності усадкової раковини, існуюча технологія прошивання економічно недоцільна.

2. Утворення вичавок металу на другій стадії прошивання донця стакану обумовлено необхідністю

отримання значного діаметра отвору (160÷240 мм) при діаметрах, які використовуються, безперервнолитої заготовки 380÷470 мм і співвідношення внаслідок цього діаметру прошивного пуансона до діаметру заготовки 0,4÷0,5.

3. Існуюча технологія прошивання на першій стадії передбачає отримання товщини донця стакану рівною 100÷150 мм. Внаслідок підпора на задній торець заготовки зі сторони опорного пуансону і зусилля зі сторони прошивного пуансону донце стакану ущільнюється і при здійсненні наскрізного прошивання при відсутності підпору зі сторони опорного пуансону, донце вичавлюється прошивним пуансоном, що приводить до порушення його зав'язку з іншою частиною стакану і утворенню так званої вичавки. Зі зменшенням діаметру наскрізного отвору і зниженням відношення діаметру головки прошивного пуансона до діаметру заготовки ймовірність утворення вичавок металу у відході знижується.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу прошивання заготовки на горизонтальному гідравлічному пресі для зниження витрати металу за рахунок зменшення втрат металу у відході при утворенні вичавок шляхом вибору раціональної товщини стінки стакану і її конфігурації при використанні сферичних головок опорного і прошивного пуансонів.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі прошивання заготовки на горизонтальному гідравлічному пресі, що включає розміщення заготовки в матриці шляхом її переміщення і прошивання заготовки з утворенням наскрізного отвору у дві стадії, на першій стадії здійснюють прошивання заготовки прошивним пуансоном зі сферичною головкою з підпором на задній торець заготовки зі сторони опорного пуансону з утворенням донця, прошивання донця на другій стадії без підпору на задній торець заготовки за рахунок переміщення опорного пуансона в напрямку прошивання, згідно винаходу, прошивання заготовки на першій стадії здійснюють з використанням сферичної головки опорного пуансона з утворенням донця, товщина якого визначається з вираження

$$\delta \leq \frac{R_{оп} + R_n - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_n^2}{4}} - \sqrt{R_n^2 - \frac{D_n^2}{4}}}{0,72},$$

де $R_{оп}$ - радіус сферичної головки опорного ролика; R_n - радіус сферичної головки прошивного пуансона; D_n - діаметр головки прошивного пуансона.

Причинно-наслідковий зв'язок між суттєвими ознаками винаходу, що заявляється, і технічним результатом, який досягається, полягає в наступному.

Зниження витрати металу при прошиванні безперервнолитої заготовки на горизонтальному гідравлічному пресі, який входить до складу пілігримового агрегату досягається за рахунок зменшення втрат металу в технологічні відходи при утворенні вичавок в результаті відриву донця стакану від основної його частини. Зі зменшенням товщини стінки донця на першій стадії прошивання знижується ймовірність утворення вичавки за рахунок витискання донця прошивним пуансоном, но в той же час зростає зусилля прошивання, що обумовлює прогин прошивного пуансону зі збільшенням різностінності стакану.

Для утворення раціональної товщини стінки стакану за рахунок вибору калібрувань головок прошивного і опорного пуансонів додатково до сферичної головки прошивного пуансону використовується сферична головка опорного пуансону. В результаті цього раціональна товщина стінки стакану, яку вимірюємо по осі заготовки, визначається з вираження

$$\delta \leq \frac{R_{оп} + R_n - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_n^2}{4}} - \sqrt{R_n^2 - \frac{D_n^2}{4}}}{0,72},$$

де $R_{оп}$ - радіус сферичної головки опорного ролика; R_n - радіус сферичної головки прошивного пуансона; D_n - діаметр головки прошивного пуансона.

Сферичні головки прошивного і опорного пуансонів з однієї сторони знижують осьові зусилля на пуансони при прошиванні на першій її стадії, а з іншої сторони знижують середню товщину стінки профільного донця стакану і об'єм металу, який деформується на другій стадії прошивання.

Вираження для визначення товщини стінки δ стакану на першій стадії прошивання отримано із умови, при якому дотичні напруження, що діють в донці в напрямку прошивання будуть більшими напружень розтягнення, що діють в радіальному напрямленні. В цьому випадку не відбудеться вичавлювання донця прошивним пуансоном, а розрив донця і переміщення металу донця на периферію, тобто до стінки стакану, подовжуючи його. Зі зменшенням товщини донця δ поліпшуються умови для запобігання утворення вичавок металу в відході.

Порівняння способу прошивання заготовки на горизонтальному прошивному пресі, який заявляється, з прототипом показує, що він відрізняється тим, що прошивання заготовки на першій стадії здійснюють з використанням сферичної головки опорного пуансона з утворенням донця товщина якого визначається з вираження

$$\delta \leq \frac{R_{оп} + R_n - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_n^2}{4}} - \sqrt{R_n^2 - \frac{D_n^2}{4}}}{0,72}$$

де $R_{оп}$ - радіус сферичної головки опорного ролика; R_n - радіус сферичної головки прошивного пуансона; D_n - діаметр головки прошивного пуансона.

Таким чином, способі прошивання заготовки на горизонтальному прошивному пресі що заявляється відповідає критерію "новизна".

Порівняння з іншими технічними рішеннями у цій області техніки не виявило у них ознак, котрі відрізняють рішення що заявляється від прототипу. Таким чином, має місце критерій "винахідницького рівня".

Винахід пояснюється кресленнями: на фіг. 1 зображено закінчення прошивання заготовки на першій стадії; на фіг. 2 зображено пружний стан в донці між сферичними головками прошивного і опорного пуансонів; на фіг. 3 зображено закінчення прошивання донця на другій стадії.

Прошивання заготовки на горизонтальному гідравлічному пресі у відповідності із запропонованим способом здійснюється наступним чином. Нагріта до температури $1250 \div 1280$ °С заготовка по транспортним рольгангам після камери гідрозбивання окалини надходить на прошивний прес і потім штовхачем зіштовхується на приймальні важелі механізму завантаження, котрі опускаючись під колони пресу, встановлюють заготовку на приймальний стіл (на рисунках процес завантаження заготовки на приймальний стіл не показаний). Потім матриця 1 наїжджає на заготовку 2. Після розміщення заготовки 2 в матриці 1 при наявності підпору на задній торець заготовки зі сторони нерухомого опорного пуансону 5 з головою 6, що має сферичну робочу поверхню, починається процес прошивання в першій стадії прошивним пуансоном 3 зі сферичною головою 4 в стакан, стінка якого має змінну товщину: мінімальну δ на осі стакану і максимальну H у внутрішній поверхні матриці (фіг. 1).

Матриця 1 має діаметр внутрішньої робочої поверхні D_m у головки опорного пуансону, що визначається з урахуванням конусності 1:100 зі зменшенням внутрішнього діаметру від переднього до заднього торця. Головка 4 прошивного пуансона 3 має наступні параметри: діаметр головки - D_n , радіус сферичної частини - R_n і довжину головки - l_n . Головка 6 опорного пуансону 5 має наступні параметри: діаметр головки - $D_{оп}$, радіус сферичної частини - $R_{оп}$, довжину головки - $l_{оп}$ і загальну довжину - $(l_{оп} + H_1)$.

Вибір радіусів сферичних ділянок головок прошивного і опорного пуансонів визначається з урахуванням мінімізації осьових зусиль, що діють на прошивний і опорний пуансони, стійкості головок і отримання донця стакану на першій стадії прошивання з профільними торцями, які забезпечують раціональну товщину стінки δ , що перешкоджає утворенню вичавки металу.

Внаслідок сферичних поверхонь головок прошивного і опорного пуансонів профілі донця конгруентні сферичним головкам обох пуансонів з однієї і іншої сторони.

В цьому випадку мінімальна товщина δ донця буде на осі заготовки (осі матриці пресу). Товщина донця δ визначається з вираження

$$\delta \leq \frac{R_{оп} + R_n - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_n^2}{4}} - \sqrt{R_n^2 - \frac{D_n^2}{4}}}{0,72}, \quad (1)$$

де $R_{оп}$ - радіус сферичної головки опорного ролика; R_n - радіус сферичної головки прошивного пуансона; D_n - діаметр головки прошивного пуансона.

Вибір раціональної товщини донця δ необхідний для запобігання утворення вичавок металу на другій стадії прошивання. В цьому випадку вичавки уходять у відходи і збільшують витратний коефіцієнт металу.

Раціональна величина δ визначається із наступних міркувань. Після відведення опорного пуансону наліво (в напрямку прошивання) на задньому торці заготовки є вільна вигнута поверхня зі сферичним радіусом $R_{оп}$. Рух прошивного пуансону наліво у період другої стадії прошивання створює в донці два виду напружень (фіг. 2). Вздовж лінії БВ діє напруження зсуву (дотичні напруження), а перпендикулярно лінії АГ діють нормальні напруження розтягнення. В залежності від того, на якій лінії раніше виникнуть напруження текучості, буде розвиватися відповідний вид руйнувань. Якщо на лінії БВ напруження зсуву досягнуть межі текучості τ_s раніше, ніж на лінії АГ нормальні напруження досягнуть межі текучості σ_s на розтягнення, то починається процес витискання донця головою прошивного пуансону. В результаті утворюється вичавка, яка йде у відходи. Якщо ж напруження розтягнення, перпендикулярні до лінії АГ, досягнуть межі текучості σ_s раніше, ніж напруження τ_s на лінії БВ, то відбудеться розрив донця і переміщення металу донця на периферію, тобто до стінки стакану. В цьому випадку витискання металу не відбувається і вичавка, яка йде у відходи не утворюється. Таким чином, умова відсутності витискання донця прошивним пуансоном з утворенням

вичавки визначається вираженням

$$БВ \cdot \tau_s \geq АГ \cdot \sigma_s, (2)$$

або

$$\frac{БВ}{АГ} \geq \frac{\sigma_s}{\tau_s}. (3)$$

Згідно умови текучості Мізеса межі текучості на розтягнення σ_s і зсув τ_s пов'язані співвідношенням (Теория обработки металлов давлением / И. Я. Тарновский, А. А. Поздеев и др.; под ред. И. Я. Тарновского. Москва: Металлургиздат, 1963. 673 с.)

$$\tau_s = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \sigma_s = 0,58 \cdot \sigma_s. (4)$$

З урахуванням співвідношення (4) вираження (3) прийме вид

$$\frac{БВ}{АГ} \geq 1,72. (5)$$

АГ

Як впливає з креслення на фіг. 2

$$БВ = h_{оп} + \delta + h_n; (6)$$

$$h_{оп} = R_{оп} - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_n^2}{4}}; (7)$$

$$h_n = R_n - \sqrt{R_n^2 - \frac{D_n^2}{4}}, (8)$$

$$АГ = \delta.$$

Підставляючи вираження (7) і (8) в (6) і, вирішуючи вираження (2) відносно δ , отримаємо

$$\delta \leq \frac{R_{оп} + R_n - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_n^2}{4}} - \sqrt{R_n^2 - \frac{D_n^2}{4}}}{0,72},$$

що відповідає вираженню (1) при прийнятих параметрах $R_{оп}$, R_n , D_n головок прошивного і опорного пуансонів. Розрахунки показали, що при прийнятих параметрах $R_{оп}=368$ мм, $R_n=144$ мм, $D_n=180$ мм раціональна величина товщини донця

$$\delta \leq \frac{368 + 144 - \sqrt{368^2 - \frac{180^2}{4}} - \sqrt{144^2 - \frac{180^2}{4}}}{0,72} = 59,42 \text{ мм}$$

Таким чином товщина стінки δ повинна бути в цьому випадку не більшою а ніж 59,42 мм, а зі зменшенням δ умови прошивання донця на другій стадії поліпшуються, що перешкоджає утворенню вичавки, яка іде у відходи і зменшує витратний коефіцієнт металу.

Товщина донця стакану Н у внутрішній поверхні матриці складає

$$H = H_1 + \delta + h_n, (9)$$

де H_1 - висота сферичної поверхні головки опорного пуансона, яка визначається з вираження:

$$H_1 = R_{оп} - \sqrt{R_{оп}^2 - \frac{D_{оп}^2}{4}}. (10)$$

При прийнятих параметрах величина $H_1=56,86$ мм і товщина стінки $H=147,88$ мм.

При наскрізному прошиванні донця стакану без утворення вичавки відбувається подовження 1 порожньої заготовки, яка при плоских торцях донця товщиною Н може бути визначена з вираження

$$l = H \cdot \mu_n,$$

де μ_n - коефіцієнт витягування на пресі.

При прошиванні згідно запропонованого способу після її першої стадії має місце наявність сферичних западин з двох сторін донця, які мають різні параметри, що відповідають сферичному калібруванню головок прошивного і опорного пуансонів.

В цьому випадку подовження l_1 після прошивання профільного донця стакану визначається наступним чином. Об'єми западин зі сторони прошивного V_1 і опорного V_2 пуансонів визначають як об'єми сегментів сфери по формулам:

$$V_1 = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot h_n \cdot (3 \cdot R_n^2 + h_n^2); (11)$$

$$V_2 = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot H_1 \cdot (3 \cdot R_{оп}^2 + H_1^2). (12)$$

Так як ці западини зменшують об'єм V_3 профільного донця, то його величина

$$V_3 = V - V_1 - V_2, \quad (13)$$

де V - об'єм донця з плоскими торцями, який визначається як

$$V = \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot R_M^2 \cdot H \quad (14)$$

Об'єм V_3 донця в результаті наскрізного прошивання можна представити у вигляді

$$V_3 = \frac{\pi}{4} \cdot l_1 \cdot (D_M^2 - D_n^2) \quad (15)$$

де l_1 - подовження порожньої заготовки.

В результаті спільного рішення виражень (11) - (15) можна визначити подовження l_1 порожньої заготовки (стакана).

Таким чином, при отриманні профільного донця стакану зі змінною товщиною стінки коефіцієнт витягування на другій стадії прошивання зменшується у порівнянні з прошиванням стакану з постійною товщиною стінки, при незмінному сумарному витягуванні на першій і другій стадіях і рівному μ_n з подовженням

$$l = L_3 \cdot \mu_n,$$

де L_3 - довжина заготовки; μ_n - коефіцієнт витягування на пресі.

В результаті наскрізного прошивання задній кінець 7 порожньої заготовки має вигляд, наведений на фіг. 3.

Приклад конкретного виконання запропонованого способу. На трубопрокатному агрегаті 5-12" з пілігримовими станами, до складу якого входить прошивний гідравлічний горизонтальний прес зусиллям 20 МН, здійснювали прокатку труб розміром 299×8,0 мм по ДСТУ 8938:2019 з круглої безперервнолитої заготовки діаметром 450 мм і довжиною 843 мм.

Після нагрівання заготовки до температури гарячої деформації (~1280 °С) і гідрозбивання окалини з її поверхні, вона надходить на горизонтальний гідравлічний прес для прошивання в порожню заготовку. Прошивання здійснюють в матриці, яка має циліндричну ділянку зі сторони опорного плунжера, довжиною 300 мм і діаметром 460 мм. Довжина матриці складає 2760 мм. Діаметр головки опорного пуансону $D_{оп}=455$ мм, висота головки $l_{оп}=357$ мм. Головка прошивного пуансону має наступні параметри: діаметр $D_n=180$ мм, висота $l_n=150$ мм, радіус $R_n=144$ мм.

Прошивання заготовки здійснювали в два етапи. На першому етапі здійснювали прошивання заготовки прошивним пуансоном з підпором на її задній торець зі сторони опорного пуансону з утворенням криволінійного донця із заглибленнями, відповідними радіусам сферичних поверхонь головок відповідно опорного пуансону - зліва і прошивного пуансону - з права. При цьому товщина донця змінюється від максимального значення рівного $H_1 = H + \delta + h_n = 56,86 + 59,42 + 31,6 = 147,88$ мм у поверхні матриці до мінімального значення $\delta = 59,42$ мм на осі заготовки.

Для здійснення наскрізного прошивання донця стакану на другому етапі відводили опорний пуансон на відстань 300 мм в напрямку прошивання і здійснювали наскрізне прошивання донця при відсутності підпору на задній торець заготовки. При цьому заготовка утримується в матриці силами тертя на контакт з матрицею, чому також сприяє напрямок конусності матриці (зменшення її внутрішнього діаметра в напрямку прошивання).

В результаті наскрізного прошивання донця профільної форми, з раціональною товщиною δ (на осі заготовки) за рахунок сферичних головок прошивного і опорного пуансонів значно знижується кількість випадків утворення вичавок, які збільшують витратний коефіцієнт металу. При цьому відбувається розрив донця в зоні з мінімальною товщиною (на осі заготовки) і переміщення металу до стінки стакану, що збільшує його довжину.

Після підігріву порожньої заготовки в кільцевій печі до температури 1280 °С вона послідовно проходить деформування на стані-елонгаторі з отриманням гільзи, на пілігримовому стані з отриманням чорнової труби і після її підігріву в печі з крокуючими балками на п'ятикільтьовому калібрувальному стані з отриманням чистової труби.

Прокатка труб з порожніх заготовок, отриманих на горизонтальному гідравлічному пресі позитивно впливає на зниження поперечної різностінності труб, а також знижує витратний коефіцієнт металу за рахунок зменшення його втрат у відходи внаслідок утворення вичавок при наскрізному прошиванні заготовок.

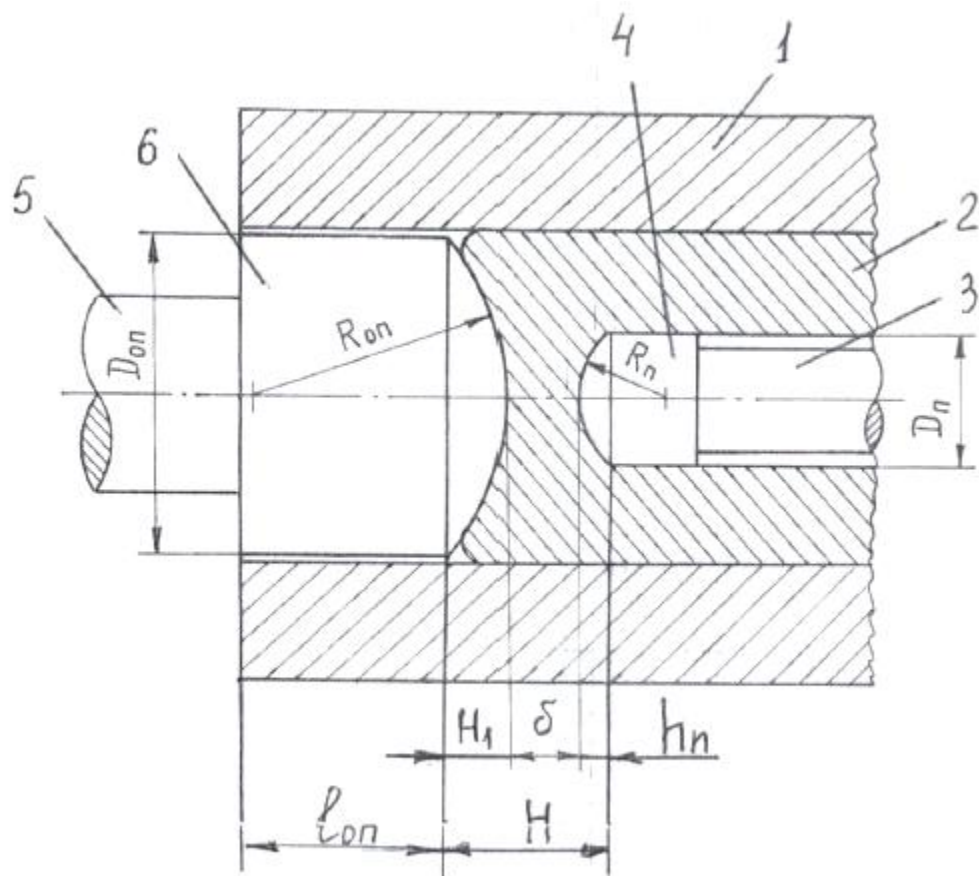
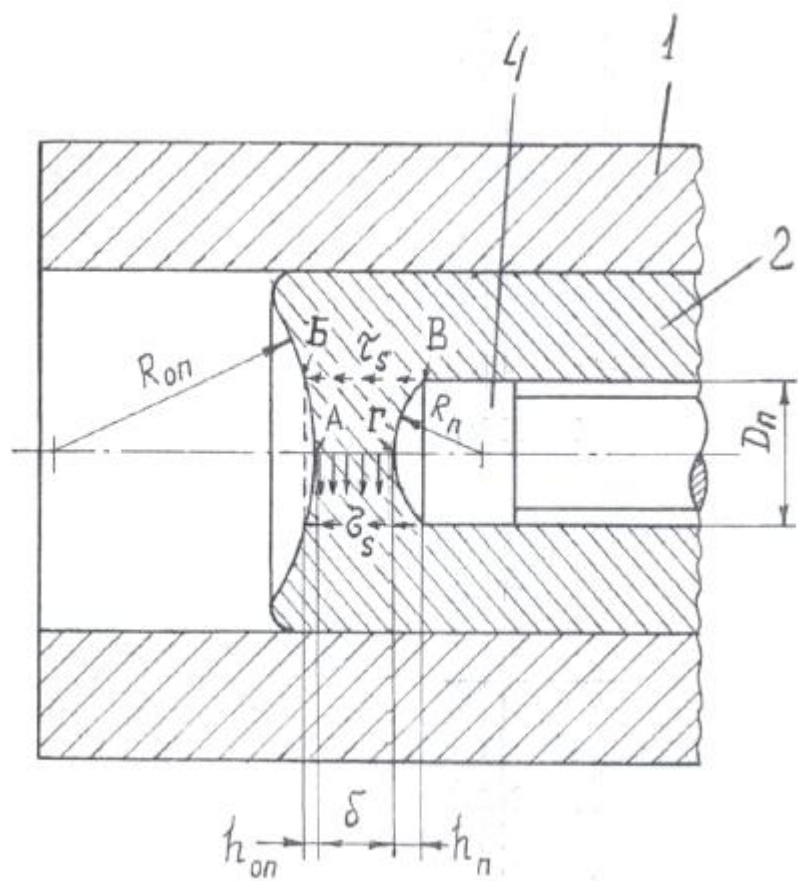
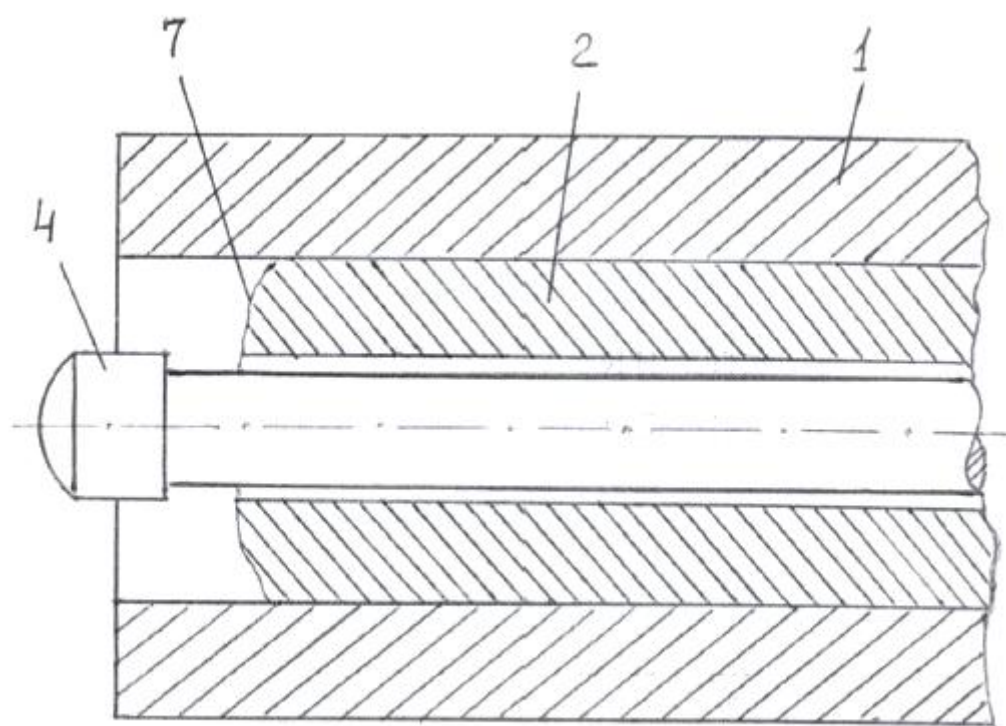


Fig. 1



Фиг. 2



Фиг. 3