

УДК 531.374; 539.213

Я. Немировський, канд. техн. наук

Інститут надтвердих матеріалів Національної академії наук України

ВПЛИВ УМОВ БАЗУВАННЯ НА ТОЧНІСТЬ ДЕТАЛЕЙ, ОБРОБЛЕНИХ ДЕФОРМУЮЧИМ ПРОТЯГУВАННЯМ

Резюме. Розглянуто науково-технічні питання зі впливу умов базування на точність виробів, оброблених деформуючим протягуванням та з розроблення технологічних методів її забезпечення. Проаналізовано умови базування заготовок за різними схемами протягування. Розглянуто варіанти базування заготовок із використанням торців та зовнішньої або внутрішньої поверхні заготовки. Проведено експериментальні дослідження точності оброблених деталей. Вивчено вплив різних умов базування на них. Показано вплив схеми протягування на умови базування. Розроблено нові способи протягування, які дозволяють знизити геометричні похибки деформування за різними схемами. Описано конструктивні елементи деформуючих протяжок, які покращують базування деталей. Розглянуто умови базування з боку зовнішньої поверхні деталі, встановлено раціональні випадки їх використання. Систематизовано основні види базування при деформуючому протягуванні. Наведено рекомендації для вибору раціональних технологічних варіантів базування деталей при пластичному деформуванні їх отворів.

Ключові слова: деформуюче протягування, точність, геометрична похибка, умови базування, схеми деформування, способи протягування, заготовка, торець.

Ya. Nemirovsky

THE INFLUENCE OF BASING CONDITIONS ON THE PRECISION OF PARTS TREATED BY THE DEFORMING BROACHING

Summary. The scientific and technical questions of influence of basing conditions on the parts precision treated by the deforming broaching and technological methods of their providing are presented in the article.

Available methods of workpiece basing are analysed. The basing conditions of semi-finished product in the case of different broaching scheme: compression stretching, with limiting of axial deforming are analyzed. The versions basing of semi-finished product with using of butt-ends and external or internal surfaces are studied. The experimental investigations of treated parts precision in the case of different conditions of basing are described. The influence of new basing conditions are investigated. New methods of broaching are developed: with change of the basing end, with the prior preparation of the basing end, the deforming according of stretching and compression schemes in the case of basing on two ends which allow to reduce geometrical errors in case of deforming under different scheme of broaching are created. The constructional elements of broaching deforming which improve the parts basing are described. The conditions of basing from the external surface under treatment by deforming broaching of parts with the final wall thickness made of semi-bottle materials, cost iron in particular, are presented. Reasonable cases of their application are determined.

Key words: distortion broaching, precision, geometrical error, basing conditions, scheme of deforming, broaching methods, semi-finished product, pull, basing end, input end.

Постановка проблеми. Деформуюче протягування (ДПР) є високовиробничою операцією обробки отворів у деталях на взірець втулок та труб. Використовується як чорнова, так і чистова операції, включаючи процеси формоутворення та деформаційного зміцнення.

Одним із найменш вивчених параметрів якості при ДПР є точність. У більшості робіт технологічного напрямку розглядалися питання статистичного опрацювання експериментальних даних, які відносилися до похибок обробки, а деякі рекомендації з керування точністю в процесі опрацювання мали вузьконаправлений характер і відносилися до досліджень деяких випадків обробки.

Недостатнє вивчення цього питання було зумовлено тим, що донині повною мірою не виявлено основні закономірності механіки пластичного деформування, які пояснюють виникнення геометричних похибок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання точності отворів, оброблених ДПР, потребує детального вивчення. Даний процес проходить без видалення припуску. Тому технологічна спадковість у формі впливу вихідних похибок заготовки на точність виробу проявляється значно сильніше, ніж при обробці різанням. В останньої попередні похибки входять до припуску і частково знімаються при обробці.

Актуальність вивчення питань точності підтверджується тим, що при вирішенні будь-якої технологічного завдання при ДПР, а саме формоутворення, досягнення необхідних параметрів – шорсткості, зміцнення, рівня залишкових напруг, обов'язково виникає технологічна задача забезпечення геометричної точності виробів.

Нашими дослідженнями [1] встановлено основні причини виникнення похибок при ДПР і визначені шляхи їх зменшення. У роботі вказано, що похибки деталей, оброблених ДПР, виникають як у контактній, так і позаконтактних зонах осередку деформації й зумовлені особливостями деформування матеріалу в ньому та впливом зовнішніх факторів, які спотворюють осесиметричність деформації. Тому одним із шляхів зменшення геометричних похибок, як відзначається в роботі [1], є виключення зовнішніх факторів, які спотворюють осесиметричність деформації. До цих факторів потрібно віднести вихідну похибку заготовки, похибки її базування, неоднорідність механічних характеристик оброблюваного матеріалу, вплив ваги інструмента та заготовки.

Питання впливу вихідних похибок заготовки детально розглянуто в дослідженнях, наведених в роботі [2]. Тому зосередимо увагу на розробленні технологічних методів виключення похибок базування заготовки, що обробляється.

Метою дослідження є розроблення науково обґрунтованих технологічних методів виключення похибок базування деталей при деформуючому протягуванні.

Постановка задачі. Деформування в різних зонах осередку деформації являє собою єдиний процес пластичного формоутворення оброблюваної заготовки. Тому його збурення, у формі виникнення нестабільності деформування в будь-якій із зон осередку пластичної деформації під впливом зовнішніх збурюючих факторів, вплине на формування геометричних похибок оброблюваної деталі.

Як випливає з відомих законів механіки й теорії стійкості [3], сам початок прояву або зникнення нестабільності руху в механічних системах багато залежить від найнезначніших проявів зовнішніх збурюючих або стабілізуючих факторів. Використовуючи це положення до розгляду нашого питання, можна стверджувати, що виключення зовнішніх збурюючих факторів може значно вплинути на стабільність процесу деформування, що, в свою чергу, вплине на зменшення похибок при обробці.

До таких зовнішніх збурюючих факторів необхідно віднести похибки базування інструмента та заготовки, тобто їх неспіввісності. Очевидно, що виключення впливу такого зовнішнього збурюючого фактора, як неспіввісність інструмента й заготовки, значно збільшить точність обробки.

В даний час відомі [4] такі методи базування при деформуванні заготовок за відомими схемами протягування (рис.1). При обробці за схемами стиснення та розтягнення (рис.1а,б) використовують базування по опорному торцю, а також по опорному торцю та збоку зовнішньої або внутрішньої поверхні заготовки.

При обробці за схемою з обмеженням осьової деформації, яка є удосконаленою схемою протягування на розтягнення й відрізняється від неї тим, що до вільного кінця заготовки прикладається додаткове осьове навантаження, базування реалізується по обох торцях. При деформуванні за цією схемою (рис.1в) заготовка при допомозі технологічних канавок утримується від осьового переміщення при її роздачі деформуючим елементом 1, опорами 2 і 4. Опора 2 установлена в натяжному пристрої 3, яка може переміщуватися в напрямленнях згідно зі стрілками А і С, або займає фіксоване положення згідно з точкою В.

У будь-якому із цих варіантів при роздачі заготовки з'являються технічні можливості створювати додаткові осьові напруження в її стінці, які є стабілізуючим фактором і дають можливість збільшити поздовжню стійкість заготовки.

Розглянемо, якими конструкторсько-технологічними засобами ліквідовуються похибки неспіввісності інструмента і заготовки, які є основними зовнішніми факторами, що спотворюють деформування заготовки.

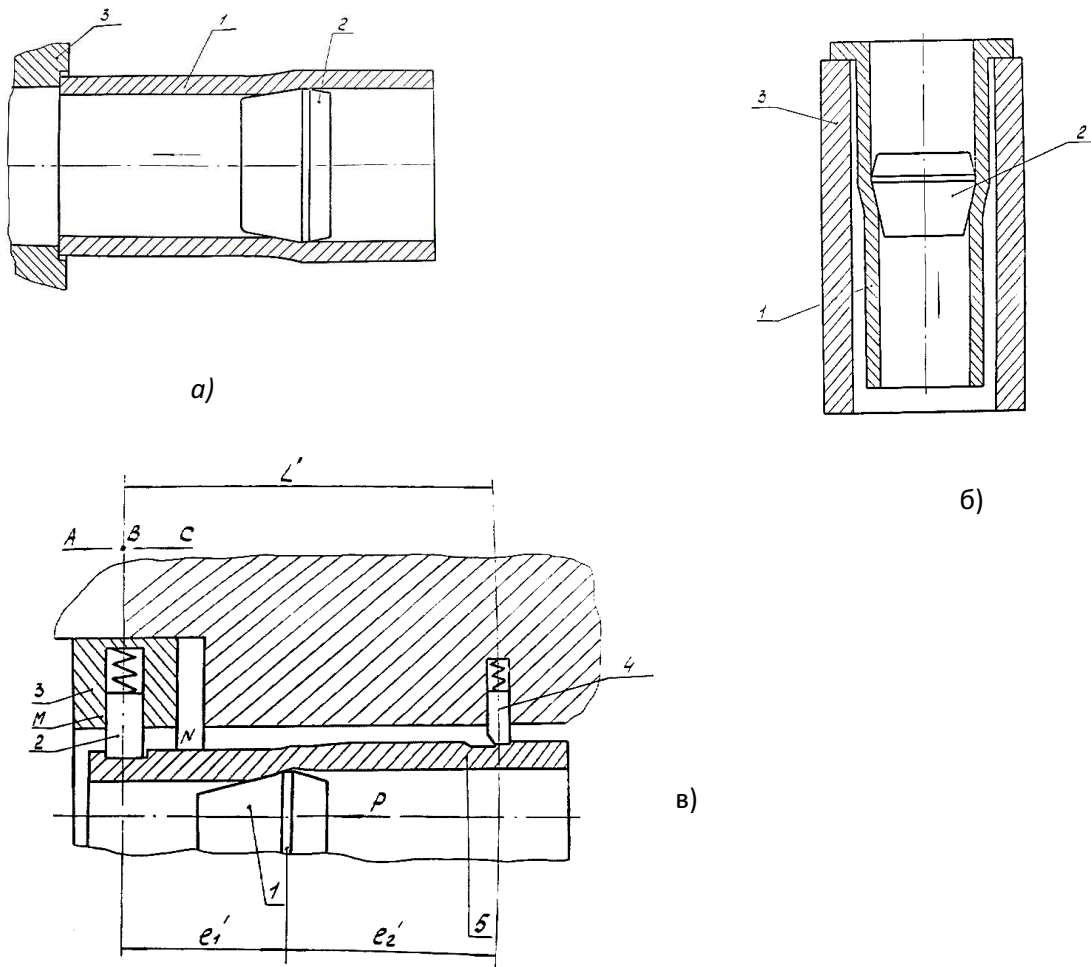


Рисунок 1. Схеми деформуючого протягування: а) стиснення; б) розтягнення; в) з обмеженням осової деформації

Figure 1. Schemes of deforming broaching; а) compression; б) stretching; в) with limiting of axial deforming

Результати досліджень. Базування заготовки по одному опорному торцю досить часто використовується при обробці за схемами стиснення та розтягнення. Найчастіше його використовують при роздачі деталей невеликої довжини зі значною товстостінністю за схемою стиснення.

Заготовку вставляють з радіальним зазором у циліндричну опору зі ступінчастим отвором. Більший діаметр отвору перевищує зовнішній діаметр оброблюваної деталі, а менший забезпечує вільне переміщення деформуючих елементів протяжки. Торець опори має сферичну опорну поверхню, яка стикується з дзеркально виконаною поверхнею планшайби, закріпленої на плиті протяжного станка або преса. Такий спосіб базування технічно простий, але не завжди ефективний через утворення значних похибок як зовнішньої поверхні, так і отвору заготовки. Особливо значні ці похибки на ділянках прилеглих до торців заготовки.

Як відомо, похибки зовнішньої поверхні заготовки, обробленої ДПР, визначають точність зовнішньої поверхні деталі або припуск під наступну обробку. Розглянемо детальніше експериментальні дані зі зміни радіальних розмірів зовнішньої поверхні деталі такого типу, а саме: поршневого пальця А01 при розтисканні його

отвору деформуючими елементами з різними натягами на елемент – a/d_0 та кутами нахилу твірної робочого конуса – α (рис.2).

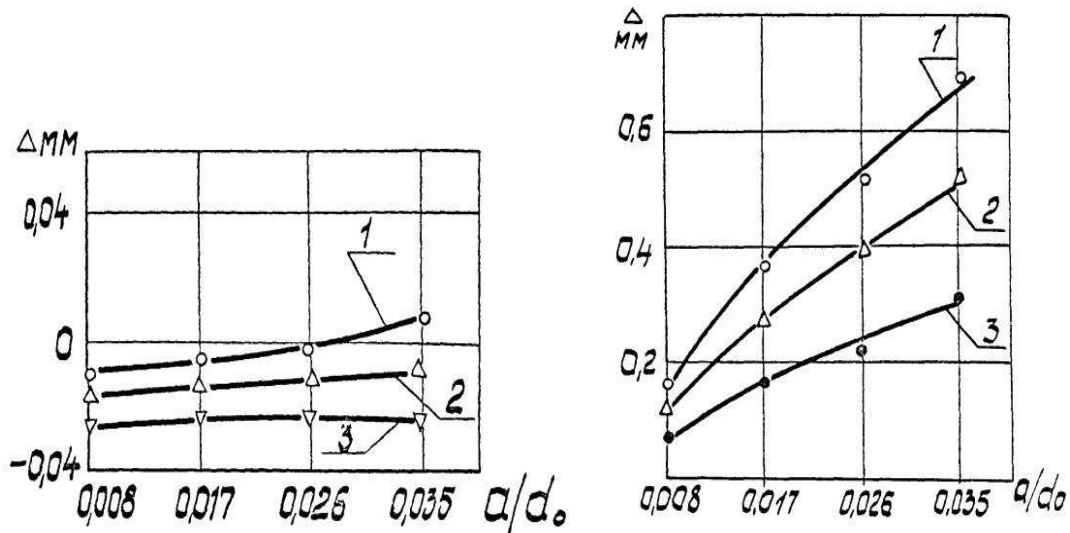


Рисунок 2. Залежність величини припуску на зовнішній поверхні деталі від натягу на елемент: а) – біля вхідного торця, кут α : 1–8о, 2–6о, 3–2о; б) біля опорного торця, кут α : 1–8о, 2–6о, 3–2о

Figure 2. The dependence of stock size on the external surface detail on pull of item: а) at the input end, angle α : 1–8о, 2–6о, 3–2о; б) at the basing end angle α : 1–8о, 2–6о, 3–2о

Експериментальні дані (рис.2а) свідчать, що радіальні розміри зовнішньої поверхні біля вхідного торця ($\Delta \approx 0$) значно менші, ніж радіальні розміри в зоні стабільного руху інструмента ($\Delta \approx 0,22$), і не забезпечують необхідний припуск під наступну обробку (його необхідна величина для безцентрового шліфування зовнішньої поверхні пальців $\Delta \approx 0,2$ мм). Така ознака має місце навіть при значних пластичних деформаціях отвору пальця ($a/d_0 \approx 3,5\%$).

Водночас радіальні розміри біля опорного торця значно більші, ніж розміри в зоні стабільного руху інструмента (рис.2б) і безпідставно збільшують припуск ($\Delta_{\max} \approx 0,7$ мм), а також зняття матеріалу деталі при наступному шліфуванні. Приведені результати вказують на неефективність використання процесу деформування при обробці таких виробів. Ми розробили новий спосіб базування [5], який ліквідує описані недоліки. Суть його полягає в тому, що роздача заготовки виконується в парне число проходів зі зміною опорного торця після першого проходу, тобто на другому циклі вхідний торець стає опорним, а опорний – вхідним. Складання різнонаправлених похибок після зміни торців для базування дозволяє забезпечити форму зовнішньої поверхні обробленої деталі практично без похибок.

Експерименти з перевірки розробленої схеми (рис.3) свідчать, що її використання дозволяє досягти потрібного результату – забезпечити необхідний стабільний припуск по довжині деталі-пальця А01 під наступну обробку. Розроблений спосіб базування використаний при розробленні конструкції автоматизованої установки для роздачі отворів у пальцях ДВС [6].

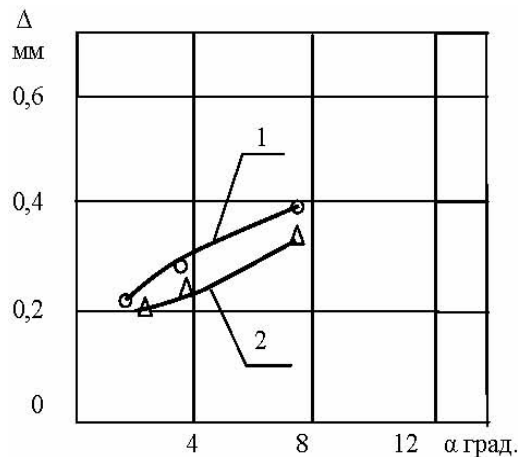


Рисунок 3. Залежність величини припуску на зовнішній поверхні деталі від кута α : 1 – другий цикл деформування, $a/d_0=0,016$ вхідний торець; 2 – перший цикл деформування $a/d_0=0,017$, опорний торець

Figure 3. Dependence of stock size on the angle α : 1 – the second cycle of deforming, $a/d_0=0,016$ the input end; 2 – the first cycle of deforming, $a/d_0=0,017$, basing end

Одним із факторів, який усуває неспіввісність інструмента і заготовки, є застосування раціональної схеми протягування, яка дозволить не тільки стабілізувати течію матеріалу в осередку деформації, але й забезпечити усунення неспіввісності інструмента і заготовки. Експерименти, результати яких наведено в роботі [7], показали, що використання схеми розтягнення (рис.1б) краще впливає на збільшення точності, ніж використання схеми стиснення (рис.1а). При протягуванні за схемою розтягнення в стінці деталі за деформуючим елементом виникають осьові розтягуючі напруження. Наявність їх стабілізує течію матеріалу в осередку деформації і зменшує збурення окружної деформації, що зумовлює зменшення геометричних похибок обробленого отвору. Цей факт особливо важливий при протягуванні тонкостінних деталей, умови базування яких за схемою стиснення викликають перекося деталі, що призводить до появи значних похибок обробки. Тому при деформуванні таких деталей необхідно використовувати схему розтягнення. Але при протягуванні за цією схемою базування заготовки реалізується за рахунок бурта або канавки на зовнішній поверхні заготовки в районі одного із торців. Це викликає зміну товщини стінки на ділянці для базування, що змінює осьові деформації в цьому місці, призводить до виникнення значних похибок обробки. Схожі проблеми виникають при протягуванні за схемою з обмеженням осрової деформації.

Для ліквідації цього недоліку розроблено новий спосіб деформування [8], згідно з яким ділянку заготовки 1, яка використовується в подальшому для базування, необхідно попередньо деформувати на потрібну величину (рис. 4). Попередню роздачу цієї ділянки необхідно виконувати деформуючим елементом 2 при натягах $a/d_0=0,01 \div 0,015$ і куту α , який вибирається в діапазоні $1^\circ \leq \alpha \leq 2^\circ$.

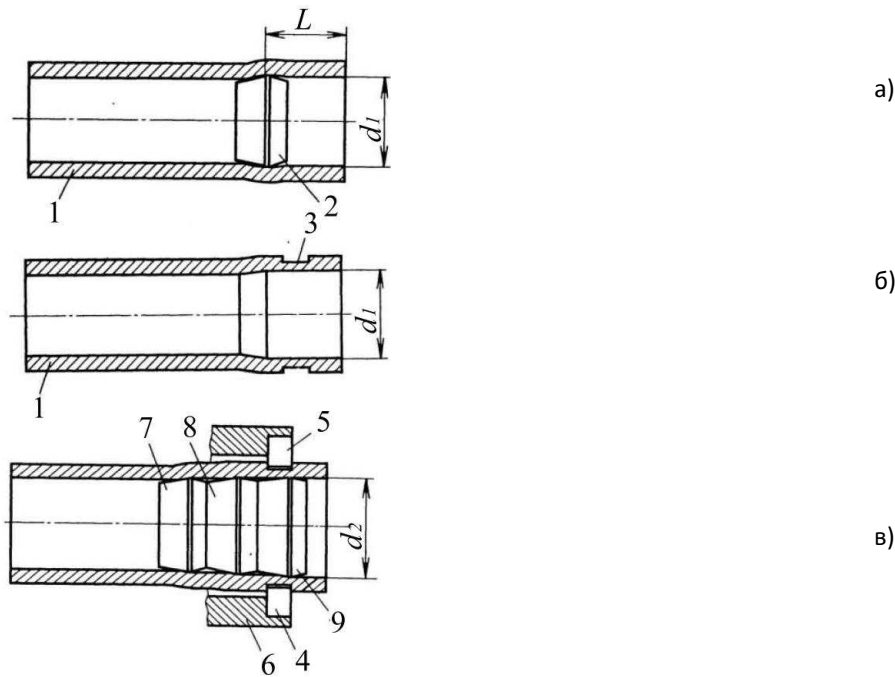


Рисунок 4. Деформування за с...
попередньою підготовкою ба...
заготовки

Figure 4. The deforming accor...
scheme with the prior preparati...
of the detail

Після виконання попередньої роздачі цієї ділянки на ній готують базу 3 дня закріплення заготовки розрізними напівкільцями 4 і 5 в опорі 6 для її кінцевої роздачі (рис.4в). Величина попередньої деформації e_2 визначається за загальною деформацією e_1 із відношення

$$e_2 = (0,85 \div 0,95)e_1. \quad (1)$$

При роздачі деформуючими елементами 7, 8 і 9 ділянка, яка має перепади товщини стінки, практично не деформується, а та незначна частина деформації ($e_1 - e_2$) використовується тільки для пластичної деформації мікрорельєфу поверхневого шару отвору. Вказаний спосіб значно знижує похибки обробки. При його використанні максимальна похибка обробленого отвору заготовки розмірами $t_0 / d_0 = 0,25$, $L = 250$ мм і буртом довжиною 15 мм при обробці її деформуючим елементом з кутом $\alpha = 12^\circ$ і натягом на елемент $a/d_0 = 0,0375$ знизилася з 0,71 до 0,38 мм. У цьому випадку попередня деформація $e_2 = \sum a/d_0 = 0,032$ виконувалася послідовно двома деформуючими елементами з натягами на кожен $\sum a/d_0 = 0,016$ і кутом $\alpha = 2^\circ$.

Описаний спосіб рекомендується використовувати при деформуванні за схемами розтягнення та обмеження осьової деформації заготовок, у яких змінюється товщина стінки на ділянках, прилеглих до торців деталі (бурти, виборки, фланці).

Ми розробили ще один спосіб [9], який дозволяє покращити базування при деформуванні тонкостінних деталей по схемі розтягнення. В цьому випадку базування виконується по двох торцях та з боку внутрішньої поверхні отвору. Згідно з цим способом на стержень протяжки 1 (рис.5) з можливістю відносного осьового переміщення розміщують додатковий конічний елемент 2, який служить для з'єднання стержня протяжки, вільним кінцем заготовки 3. Елемент 2 повернений меншою основою в напрямку, протилежному вектору переміщення інструмента. При переміщенні стержня 1 з розміщеними на ньому при допомозі гайки 6 деформуючими елементами 4 і 5 крізь заготовку 3 відбувається її роздача. При цьому додатковий елемент 2 своєю конічною поверхнею контактує з внутрішньою поверхнею вільного кінця деталі 3. Тобто наявність додатково елемента 2 і його взаємодія з вільним кінцем деталі дозволила створити жорстко зв'язану систему: оброблювана поверхня деталі – конічна поверхня додаткового елемента – стержень протяжки. Це забезпечує співвісність інструмента й оброблюваної заготовки під час її роздачі. Більше того, цей

спосіб дозволяє впливати на течію матеріалу в осередку деформації. При намаганні різнотовщинної заготовки вигнутись, її вільний кінець намагається переміщуватися відносно осі стержня протяжки, яка співвісна з віссю заготовки. Але конструктивно створена жорстка система, що з'єднує вільний кінець заготовки через додатковий елемент зі стержнем протяжки, протидіє цьому, створюючи стабілізуючий момент, направлений проти вигину заготовки. Цей момент є зовнішнім стабілізуючим навантаженням відносно пластичної течії в осередку деформації заготовки і впливає на зменшення такого виду похибки, як вигин осі заготовки.

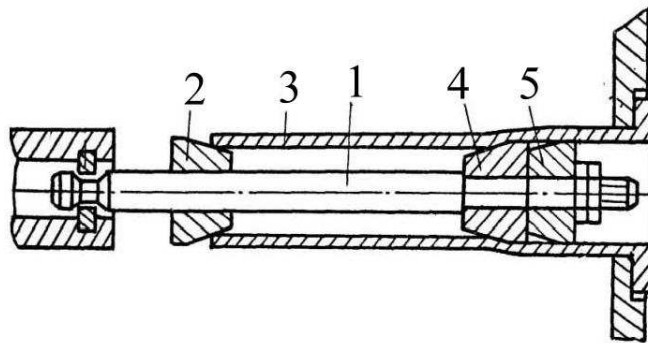


Рисунок 5. Деформування за схемою розтягнення при базуванні по двох торцях

Figure 5. The deforming according to the stretching scheme in case of basing on the two ends

Деформуючі елементи при виході з деталі звільняють її від додаткового елемента 2. Кут α додаткового кінцевого елемента необхідно вибирати в діапазоні $\alpha=1-3^\circ$, що покращує його базування з поверхнею отвору.

Розроблений спосіб використовувався при обробці партії заготовок із різнотовщинних труб розмірами $D_0 \times t_0$ відповідно $48 \times 3,0$ довжиною $L=1150$ мм, матеріал заготовок латунь Л63 ГОСТ 494-78. Згідно з замірами товщини стінок вихідна різнотовщинність досягала до 10%.

Деформація отвору виконувалась групою із двох деформуючих елементів діаметрами 42,5 та 43,0 мм. При деформуванні за звичайною схемою розтягування мали місце значні похибки обробленої деталі, які по такому виду похибки, як вигин осі обробленої деталі – f , були більші, ніж обумовлені технічними вимогами до деталі ($f \leq 2$ мм на всю довжину заготовки).

З використанням розробленого способу була оброблена партія таких заготовок у кількості 15 шт. Заміри вигину осі, які виконувалися на контрольній плиті за допомогою набору щупів, показали, що в місці максимального зазору між зовнішньою поверхнею заготовки і контрольною площиною максимальний вигин осі не перевищував 1,5 мм. Це відповідало технічним вимогам до цієї деталі.

Забезпечити мінімальне відхилення осей інструмента та заготовки для деталей, оброблюваних за схемою стиснення можна реалізувати за рахунок розробленої нової схеми зустрічного деформування [10]. В цьому випадку базування виконується по двох торцях та з боку внутрішньої поверхні отвору (рис.6). Деформування заготовки 4 виконується двома однаковими деформуючими елементами 1 та 2, у яких $D_1=D_2$, а кут $\alpha_1=\alpha_2$ – одночасно з обох торців (рис.6а). Деформуючі елементи 1 та 2, виконуючи розтискання заготовки, рухаються назустріч один одному співвісно по спільній осі 3. Цим забезпечується співвісність заготовки та інструмента. При стиканні торців деформуючих елементів навантаження з елемента 2 знімається і деформація ділянки АБ (рис.6б) виконується елементом 1. У цьому випадку елемент 2 виконує роль підтримуючого елемента.

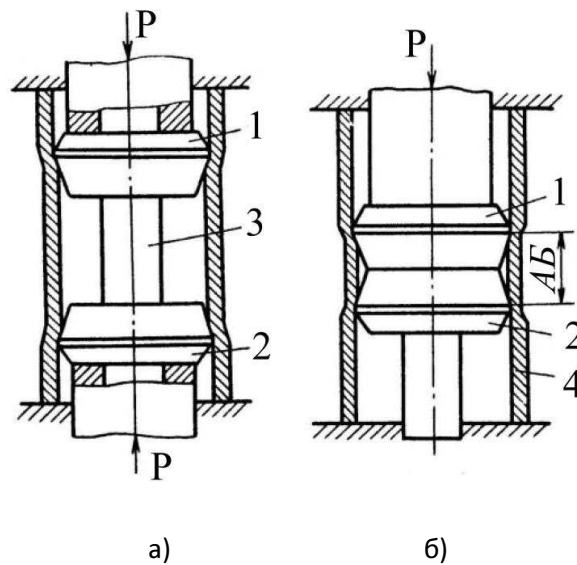


Рисунок 6. Деформування за схемою стиснення при базуванні по двох торцях

Figure 6. The deforming according to the compression scheme in case of basing on the two ends

Для перевірки ефективності розробленого способу проводили експериментальні дослідження. Партія заготовок з латуні Л63 ГОСТ 494-78 у кількості 4 шт., виготовлених із труби розмірами 48x3, довжиною $L=450$ мм, оброблялася за новим способом двома ідентичними деформуючими елементами з діаметрами циліндричних частин $D_1=D_2=43,2$ мм та кутами $\alpha_1=\alpha_2=2^\circ$. В якості технологічного змащення використовувався 7...10% розчин мила. Обробка виконувалась на пресі ПММ-200.

Для порівняння також партія заготовок оброблялась за звичайним техпроцесом за схемою стиснення одним деформуючим елементом розміром $D_1=43,2$ мм та кутом $\alpha=2^\circ$. Усі заготовки до і після деформуючого протягування за новим та існуючим способами контролювалися за такими параметрами: овальністю внутрішнього діаметра, яка визначалась як різниця найбільшого та найменшого розміру в одному перетині заготовки, загальним вигином осі заготовки, значенням внутрішнього та зовнішнього діаметрів у декількох перетинах заготовки. Крім того, на всіх заготовках до і після протягування визначалась величина різновтовщинності.

Відповідно до ГОСТу 10356-78 овальність внутрішнього отвору вимірювалася нутроміром з вимірювальною голівкою (ціна поділки 0,01мм), зовнішній діаметр – мікрометром у різних поперечних перетинах заготовки по її довжині.

Для визначення максимальної похибки отвору – δ за значеннями вимірів будували зміну форми отвору по довжині деталі. Для нашого випадку виміри виконувались у 10 поперечних перетинах, причому на дільницях біля торців – через 5мм.

Різновтовщинність вимірювалася мікрометром з кульковим наконечником. Крім цього, різновтовщинність Δ_1 визначалась залежністю

$$\Delta_1 = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_{cp}},$$

де , виходячи зі значень t_{\max} і t_{\min} максимальної й мінімальної товщини стінки, визначених за вимірами внутрішнього та зовнішнього діаметра заготовки у відповідних поперечних перетинах.

Середні значення цих параметрів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

№ з/П	Варіанти обробки	Види похибок			
		Овальність, мм	Максимальна похибка, мм	Вигин осі, мм	Різнововщинність, мм
	Вихідна похибка, мм	0,16	0,19	-	0,29
	Схема стиснення	0,05	0,23	0,55	0,27
	Новий спосіб	0,02	0,07	0,26	0,24

Як свідчать результати вимірювань, наведених у таблиці 1, новий спосіб забезпечує надійне базування заготовки відносно інструмента, що значно збільшує точність обробки в порівнянні з протягуванням за відомою схемою стиснення.

При деформуванні за схемою стиснення виникають значні похибки на ділянках біля торців. Вони й визначають таке високе значення максимальної похибки δ . У зоні стабільного руху інструмента ця похибка значно менша і не перевищує 0,1 мм. При використанні схеми зустрічного деформування похибки деталі на ділянках біля торців значно зменшуються, при цьому їх значення наближаються до значень похибок у зоні стабільного руху інструмента.

Із таблиці 1 випливає, що при використанні нового способу обробки знижується такий вид похибки, як вигин осі оброблюваної різнововщинної заготовки. Це зумовлено виникненням у процесі обробки стабілізуючого моменту, який протидіє вигину осі заготовки з боку спільного стержня, по якому переміщуються деформуючі елементи.

Експерименти, наведені в табл.1, свідчать, що процес деформування мало впливає на різнововщинність. Однак, після протягування, вихідні похибки отвору трансформуються на зовнішню поверхню заготовки. Тому, якщо вихідна різнововщинність визначалась в основному вихідними похибками отвору, то після протягування різнововщинність визначається похибками зовнішньої поверхні, які легко усуваються за рахунок наступної механічної обробки.

Також покращують умову базування заготовки по одному із торців та з боку внутрішньої поверхні використання на деформуючих протяжках додаткових конструктивних елементів, а саме: передніх та задніх направляючих (рис.7).

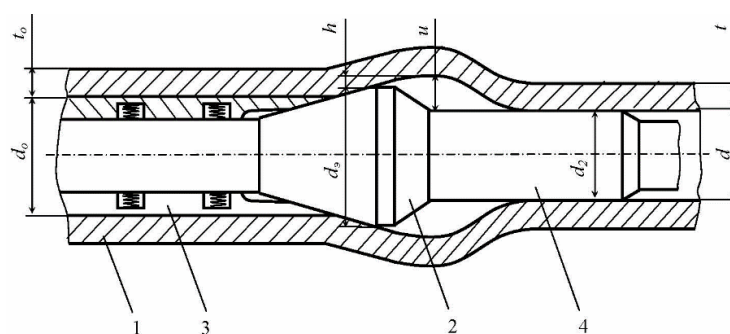


Рисунок 7. Деформування з використанням передньої та задньої направляючих протяжки

Figure 7. The deforming with using of front and back directions of the broaching

Їх використання особливо ефективно у випадках, коли передня направляюча 3 контактує з необробленою поверхнею отвору, а задня направляюча 4 – з обробленою. Ці умови досягаються тим, що передня направляюча 3 (рис.7) виготовляється пружною в радіальному напрямі, причому її зовнішня поверхня переходить у робочий конус деформуючого елемента 2, а зовнішній діаметр задньої направляючої 4 дорівнює

діаметру обробленого отвору. Для цього діаметр задньої направляючої розраховують за залежністю, отриманою із рис.7

$$d_2 = d_3 + 2h_2 - U,$$

де h_2 – висота позаконтактної зони після деформуючого елемента;

U – пружне відновлення діаметра обробленого отвору, яке розраховується згідно з рекомендаціями [4] за виразом (2).

$$U = \frac{d\sigma_i}{\sqrt{3E}} \left[K_4^2 (1 - \mu) + (1 + \mu) \right], \quad (2)$$

де σ_i – інтенсивність напруг, яка визначається по кривій течії, отриманій при розтягуванні зразка з оброблюваного матеріалу, відповідній сумарній деформації заготовки e_{cp} по середньому діаметру

$$e_{cp} = \frac{d + t}{d_0 + t_0} - 1,$$

$$K_4 = d_0/D,$$

де E – модуль пружності першого роду оброблюваного матеріалу;

μ – коефіцієнт Пуассона.

В деяких випадках на виключення неспіввісності інструмента та заготовки можна впливати з боку зовнішньої поверхні заготовки. Це реалізується при базуванні заготовки по одному із торців і зовнішній поверхні.

Для цього можна використати ряд відомих конструкцій опор [4] з розсувними в радіальному напрямку опорними елементами, які розділені між собою пазами і виконані у вигляді пружних пелюсток, які мають незначну жорсткість у радіальному напрямку. Заготовка центрується поверхнями опорних елементів і опирається своєю основою на опорні площадки. При розтисканні тонкостінних заготовок її зовнішній діаметр збільшується, а опорні й підтримуючі елементи опори пружно розсуваються, продовжуючи базувати заготовку по опорному торцю і зовнішній поверхні.

Такі конструкції опор не забезпечують надійного базування різновтовщинних заготовок. При роздачі такої заготовки осьові розміри різновтовщинних ділянок різні. Це викликає появу такого виду похибки, як вигин осі обробленої деталі. Кожен опорний елемент цієї опори не зв'язаний із сусідніми опорними елементами і при намаганні заготовки до вигину не протидіє цьому і не забезпечує надійного центрування заготовки відносно осі інструмента.

Ефективнішою є опора [11], в якій базування виконується кількома опорними кулачками. Кулачок для базування являє собою двуплечий важіль, опорний кінець якого взаємодіє з зовнішньою поверхнею заготовки, а другий кінець пов'язаний з жорстким осесиметричним кільцем, який має можливість переміщення в окружному напрямку. При розтисканні заготовки опорні поверхні кулачків завжди надійно контактують з поверхнею оброблюваної заготовки, що забезпечує її співвісне базування з інструментом.

За таким принципом працює пружно-жорстка опора [12], яка в початковій стадії і при невеликій різновтовщинності працює як пружна, а при значній різновтовщинності починає працювати як жорстка, надійно протидіючи вигину осі заготовки.

Жорсткі (недеформуючі) опори [4] дозволяють ефективно боротися з наступними видами похибок: вигин осі заготовки, її різновтовщинність, максимальна похибка отвору.

Варіанти використання таких опор наступні. Оброблювана заготовка розміщується в товстостінний корпус (опору) з зазором. Згідно з рекомендаціями [4] діаметр отвору жорсткої опори – D_0 , яка закріплюється в опорній плиті протяжного станка або преса вибирається таким чином, щоб різниця між ним і діаметром деформуючого елемента – d_3 , була на 5–10% менша подвійної товщини стінки заготовки – t_0 .

$$D_0 - d_3 = (0,8 \div 0,9)t_0. \quad (3)$$

Тобто згідно з залежністю (3) для кожного випадку легко розрахувати натяг, з яким буде оброблятися заготовка. Збільшуючи гідростатичний тиск, і, як наслідок цього, контактні навантаження в зоні контакту, за рахунок використання товстостінної жорсткої обойми, ми створюємо умови для отримання на тонкостінних деталях високої якості обробки за параметрами мікрорельєфу та деформаційного зміцнення поверхневого шару отвору. Недоліком деформування при базуванні в жорсткому корпусі є наявність труднощів при вийманні обробленої деталі з цієї опори.

Дуже важливе значення має ще один аспект використання такого виду базування. Це стосується обробки виробів з напівкрихких, малопластичних матеріалів, до яких необхідно віднести деталі з чавуну.

Як відомо [13], на пластичність заготовок при деформуючому протягуванні, крім властивостей оброблюваного матеріалу, дуже впливає вид напруженого стану, який визначається показником напруженого стану – η . У зоні контакту при розтисканні заготовок зі значною товстостінністю згідно з даними [13] $\eta = -7,16$, що відповідає напруженому стану, близькому до об'ємного стиску. Такий напружений стан сприятливий для забезпечення високої пластичності й дозволяє пластично деформувати поверхневий шар отвору заготовки навіть із такого малопластичного матеріалу, як чавун.

Водночас згідно з даними [13] на зовнішній поверхні деформованої заготовки показник напруженого стану $\eta = +2$, що відповідає умовам рівномірного двовісного розтягування. При такому жорсткому показнику напруженого стану руйнування заготовки з чавуну починається з зовнішньої поверхні навіть при появі там незначних пластичних деформацій. Ці положення визначають ефективні умови деформування тонкостінних заготовок із чавуну. Це незначні пластичні деформації отвору і відсутність їх на зовнішній поверхні заготовки. Для виконання більш значних пластичних деформацій отвору, при яких деформується деякий об'єм матеріалу, прилеглого до нього, необхідно накласти на зовнішню поверхню заготовки додатковий гідростатичний тиск, який змінить показник напруженого стану, що дозволить провести додаткову пластичну деформацію.

Одним із варіантів реалізації цієї умови є протягування тонкостінних заготовок із чавуну в жорсткій товстостінній обоймі, яка в радіальному напрямку деформується тільки пружно. В цьому випадку заготовка розміщується в опорі без зазору, а натяг на елемент вибирається із умови здійснення незначних пластичних деформацій отвору заготовки.

Представимо матеріал, який характеризує можливі умови базування при ДПР заготовок з кінцевою товщиною стінки [4] у вигляді схеми (рис.8). Приведена схема дозволяє в залежності наявного обладнання, виду, форми, розмірів і матеріалу заготовки, технічних вимог до готової деталі вибрати необхідні умови базування, які потрібно використати при розробленні технологічного процесу обробки деталі деформуючим протягуванням.

Висновки. Виконані дослідження дозволили створити умови для вибору раціонального технологічного варіанта базування заготовки при її пластичному деформуванні. На основі виконаних досліджень розроблені нові схеми деформування, способи базування, які дозволяють знизити геометричні похибки деталей, оброблених деформуючим протягуванням.

Conclusions. The investigation allowed to make the conditions for the rational, technology variant of basing choice in case of deforming broaching. As result of the

investigation new schemes of deforming methods of basing, which allow to reduce geometrical errors of the parts treated by deforming have been developed.

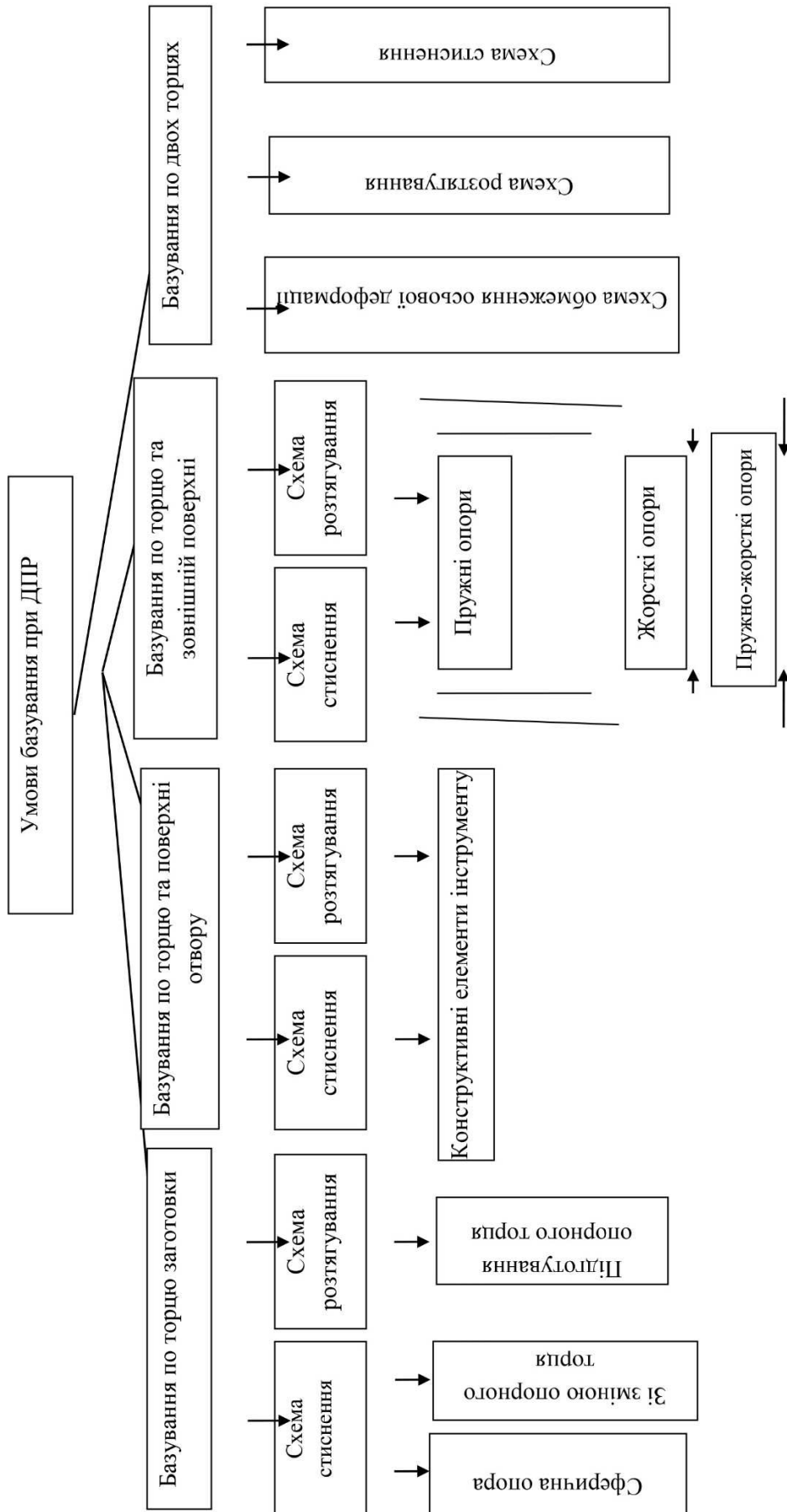


Рисунок 8. Схема умов базування при ДПР деталей з кінцевою товщиною стінки

Figure 8. The scheme of bases conditions in case of deforming broaching details with finite thickness of the wall.

Список використаної літератури

1. Немировский, Я.Б. Технологическое обеспечение точности при обработке отверстий деформирующим протягиванием [Текст] / Я.Б. Немировский // Резание и инструмент в технологических системах. – 2013. – № 83. – С.195–207.
2. Немировский, Я.Б. Особенности деформирующего протягивания разнотолщинных заготовок [Текст] / Я.Б. Немировский // Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2013. – № 26. – С.135–142.
3. Тимошенко, С.П. Устойчивость упругих систем [Текст] / С.П. Тимошенко. – М.: Гостехиздат, 1955. – 586 с.
4. Расчет и проектирование твердосплавных деформирующих протяжек и процесса протягивания [Текст] / А.М. Розенберг, О.А. Розенберг, Э.К. Посвятенко и др. – К: Наук.думка, 1978. – 256 с.
5. Способ обработки осесимметричных деталей: А.С. 1447649 СССР, МКИ В24В39/02 [Текст] / Я.Б. Немировский, О.А. Розенберг, А.И. Геровский, В.В. Кривошея, Н.А. Белоцкий, В.А. Наталенко, О.П. Копьев. – №4207821/31 – 27; заявл. 10.03.87; опубл. 30.12.88, Бюл. №48. – 4 с.
6. А.с. 1511070 СССР, МКИ В23Q39/04. Металлообрабатывающий станок [Текст] / О.А. Розенберг, Я.Б. Немировский, А.И. Геровский, В.Н. Скалыга, В.В. Смирнин, Ю.Н. Даллакян (СССР). – №4287153/31-08; заявл. 20.07.87; опубл. 30.09.89, Бюл. № 36.
7. Немировский, Я.Б. Точность отверстий, обработанных деформирующим протягиванием [Текст] / Я.Б. Немировский // Резание и инструмент в технологических системах. – 2003. – № 65. – С.111–118.
8. А.с. 1459904 СССР, МКИ В24В39/02. Способ деформирующего протягивания длинномерных деталей [Текст] / А.И. Геровский, Я.Б. Немировский, Г.А. Сизоненко (СССР). – №4228024/31-27; заявл. 13.04.87; опубл. 23.02.89, Бюл. № 7.
9. А.с. 1243936 СССР, МКИ В24В39/02, В23D43/02. Устройство для деформирующего протягивания длинномерных цилиндрических деталей [Текст] / О.А. Розенберг, Я.Б. Немировский, А.И. Геровский, А.Д. Крицкий, С.Е. Шейкин (СССР). – №3852404/25 – 27; заявл. 04.02.85; опубл. 15.07.86, Бюл. № 26.
10. А.с. 1539050 СССР, МКИ В24В39/02, В23D43/02. Способ деформирующего протягивания [Текст] / Я.Б. Немировский, А.И. Геровский, О.А. Розенберг (СССР). – №4373116/31-27; заявл. 01.02.88; опубл. 30.01.90, Бюл. № 4.
11. А.с. 761172 СССР, МКИ В23D41/04. Опора для деформирующего протягивания [Текст] / О.А. Анпилогов, Ю.Ф. Бусел, А.Д. Крицкий, Э.К. Посвятенко, О.А. Розенберг (СССР). – №2673534/25-08; заявл. 16.10.78; опубл. 07.09.80, Бюл. №33.
12. Бусел, Ю.Ф. Повышение точности тонкостенных деталей деформирующим протягиванием в упруго-жестких обоймах [Текст] / Ю.Ф. Бусел, Э.К. Посвятенко // Использование методов поверхностного деформирования материалов в машиностроении. – 1981. – С.7–8.
13. Цеханов, Ю.А. Механика формообразования заготовок при деформирующем протягивании [Текст] / Ю.А. Цеханов, С.Е. Шейкин. Воронеж: ВГТА – 2001. – 203 с.

Отримано 22.08.2014