



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 46999

(13) A

(51) 6 B21C25/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ЗМІЦНЕННЯ МАТЕРІАЛУ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) 2001053243

(22) 15 05 2001

(24) 17 08 2002

(46) 17 06 2002, Бюл. № 6, 2002 р

(72) Синков Сергій Григорович, Варюхін Віктор Миколайович, Синков Вадим Григорович, Сапронов Олександр Миколайович, Бейгельзімер Яков Юхимович

(73) ДОНЕЦЬКИЙ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН УКРАЇНИ

(57) 1 Спосіб зміцнення матеріалу, що полягає в накопиченні великих пластичних деформацій в один чи кілька деформаційних переходів шляхом інтенсивної пластичної деформації зсувом при збереженні розмірів вихідної заготовки на кінцевій стадії деформування, який відрізняється тим, що заготовку деформують у матриці двома чи декількома пуансонами по всій поверхні торця заготовки, які впливають поперемінно на глибину не менш  $2/3$  її висоти, причому одночасно з деформуванням заготовки одним з пуансонів до інших прикладають зусилля, що створює в матеріалі протитиск величиною не менш границі текучості матеріалу, що оброблюється, а потім знову повторюють зазначені операції іншою кількістю пуансонів по всій поверхні протилежного торця

заготовки зі зміцненням площин зсуву до повернення заготовки у первісну форму

2 Пристрій для здійснення способу зміцнення матеріалу, що містить силовий орган преса та деформуючий блок, який відрізняється тим, що між силовим органом та деформуючим блоком встановлений підкладний блок, виконаний у вигляді опорного пуансона та втулки з кільцевими проточками, розрахованої в цих перетинах на міцність, рівну межі текучості оброблюваного матеріалу

3 Пристрій по п. 2, який відрізняється тим, що деформуючий блок виконано у вигляді глухої матриці для розміщення оброблюваної заготовки, обраної кількості пуансонів, що впливають на всю поверхню торця заготовки, з можливістю їх незалежного осьового переміщення за рахунок підкладного блока, розрахованого на визначене зусилля протитиску, та рівномірному їхньому осадженні на довжині, рівній не менш  $2/3$  висоти оброблюваної заготовки

4 Пристрій по п. 2, що відрізняється тим, що пуансони виконані концентричними

5 Пристрій по п. 2, що відрізняється тим, що глуха циліндрична матриця містить розміщену в її дні підкладну пластину, а в дні її виконаний отвір для забезпечення виштовхування заготовки

Пропонований винахід відноситься до області обробки металів тиском і може бути використай в металургійній, машинобудівній, авіаційній та інших областях промисловості

Рівень техніки

Відомі способи формоутворення матеріалів традиційними методами обробки тиском: прокаткою, пресуванням, штампуванням і ін., при яких у процесі формоутворення протікають і процеси зміцнення. Однак, як правило, такі процеси мають своєю метою формоутворення за один чи кілька деформаційних переходів, після кожного з яких проводять термообробку з метою відновлення технологічної пластичності і зниження міцносних характеристик матеріалу

В даний час вважається безперечним, що фі-

зико-механічні характеристики матеріалу залежать від умов деформування: механічної схеми деформації, температури, рівня накопиченої деформації та ін. [1] Також добре відомо, що високі ступені зміцнення матеріалу дозволяють досягти методами інтенсивної пластичної деформації. Ці методи в даний час одержали активний розвиток як способи, призначені для створення ефективних структурних станів і високих міцносних характеристик у масивних зразках з різних металів і сплавів. Проте, питання про одержання масивних заготовок великого розміру і більш однорідних за структурою залишається дуже актуальним. Актуальні також проблеми розробки нових, технологічно більш ефективних, схем інтенсивних пластичних деформацій (ІПД), а також технологічного оснащення для

(13) A

(11) 46999

(19) UA

іхньої реалізації [2, стор 5 - 13]

Одним зі способів, за допомогою якого були досягнуті великі деформації з загальними ступенями  $\epsilon = 10$  і більш, без руйнування зразків є крутіння під високим тиском [3]. Сутність способу полягає в тім, що круглий плоский зразок поміщають між бойками і стискають прикладеним високим тиском. Потім нижній боек обертають і за рахунок поверхневого тертя змушують зразок деформуватися зрушенням. Одержувані в такий спосіб зразки мають форму звичайних дисків діаметром від 10 до 20 мм і товщиною 0,2 - 0,5 мм. Ефективність обробки таким способом зразків великих розмірів дуже низька.

Одним з відомих способів накопичення пластичної деформації є спосіб кування заготовок у гарячому стані, що включає обтиск бойками заготовки по ділянках і періодичній подачі її, що відрізняється тим, що з метою поліпшення якості кування і зниження зусилля одночасно з зусиллям обтиску на що обжимаються поверхні заготовки впливають взаємно протилежними силами шляхом зрушення бойків у взаємно протилежних напрямках уздовж осі заготовки [3].

Недоліком цього способу є висока складність і трудомісткість його реалізації. Необхідний додатковий механізм, причому енергоємний, щоб здійснювати зрушення бойків по оброблюваній заготовці, що знаходиться в режимі обтиску цими ж бойками.

Відомий спосіб деформації, у процесі якого проходить процес зміцнення деформуємого матеріалу, гідростатичним пресуванням. Принцип гідростатичного пресування полягає в тому, що заготовка видавлюється з замкнутого об'єму (контейнер-матриця-пуансон) тільки під дією рідини високого тиску. У процесі пластичної деформації гідропресуванням матеріал деформується при сприятливому напруженому стані стиску, що не тільки стримує утворення і розвиток мікродіфектів, але і приводить до самозаліковування структурних порушень у матеріалі. Крім того, необхідно відзначити підвищений рівень і рівномірність розподілу механічних властивостей по перетині гідропресованої заготовки в порівнянні з традиційними методами обробки тиском [5]. Однак цей спосіб деформування має і ряд недоліків. Процес гідропресування проходить стабільно лише при визначених співвідношеннях обсягу рідини і заготовки, оптимальної швидкості пресування і сприятливих умов тертя. Відсутність твердого зв'язку між плунжером і деформуємым матеріалом ускладнює регулювання швидкості деформування і виходу заготовки з матриці. Крім того, висока трудомісткість у виготовленні технологічного устаткування й оснащення для гідропресування, а також безліч технологічних операцій по підготовці заготовки до гідропресування (підготовка поверхні заготовки, нанесення підзмашувального покриття, змащення і т.д.) накладає визначені обмеження на застосовність процесу гідропресування.

Процес деформування гідропресуванням, як і інші процеси обробки тиском, супроводжується послідовним зменшенням поперечного перетину заготовки, тому для одержання дійсної деформації що задана та, відповідно, зміцнення, вихідний ді-

аметр заготовки що деформується повинний істотно перевищувати діаметр заготовки після деформації, що звичайно пов'язано із додатковими витратами на устаткування.

Відома схема накопичення великих пластичних деформацій з використанням гідроекструзії [10]. Відповідно до цієї схеми, деформації зсуву пропонується одержувати шляхом пресування призматичних заготовок крізь матрицю з гвинтовим каналом, перетин якого розташований ортогонально осі пресування, постійно уздовж цієї осі. Кут схилу гвинтової лінії до осі пресування змінюється по висоті матриці, причому на її початковій та кінцевій частках він дорівнює нулю. Зазначені особливості геометрії каналу приводять до того, що при видавлюванні через нього, форма заготовки і її поперечний перетин не змінюються. Це дозволяє здійснювати її багаторазове пресування з метою накопичення великих деформацій, а, також, і зміцнення заготовки.

Перевагою такої схеми деформації є можливість одержання дійсної деформації заготовки  $E = 2$  за один перехід без зміни її поперечного перетину. Для реалізації наступних деформаційних переходів з метою подальшого зміцнення заготовки необхідно проводити рівномірне осадження заготовки для досягнення ущільнення її в матриці що деформує при гідроекструзії.

Рівномірне осадження заготовки в холодному стані без втрати її стійкості можна провести при її довжині не більш чим 2-3 діаметрів діагоналей (при квадратній чи прямокутній формі її поперечного перетину). А це висока трудомісткість процесу й обмеження розмірів оброблюваної заготовки.

Найбільш близьким до задачі що розв'язується до пропонованого винаходу є спосіб рівноканального кутового (РКУ) пресування, що реалізує ІПД масивних зразків простим зсувом [2, стор 13]. При реалізації способу РКУ пресування заготовка неодноразово продавлюється в спеціальному оснащенні через два канали з однаковими поперечними перетинами, що перетинаються звичайно під кутом  $90^\circ$ . У процесі РКУ пресування для структуроутворення дуже важливими є напрямки та кількість проходів заготовки крізь канали. Чотири-п'ять деформаційних переходів заготовки крізь канали приводять до швидкого росту границь течучості і міцності матеріалу що оброблюється. Далі настає стада стадія зміцнення.

До недоліків способу, що описаний, варто віднести відносно малі розміри оброблюваних заготовок: діаметр чи діагональ заготовки не більш 20 мм, довжина - 70 - 100 мм [2].

Загальною ознакою прототипу і винаходу, що заявляється, є те, що інтенсивну пластичну деформацію заготовки здійснюють зсувом.

Суть винаходу

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу зміцнення матеріалів, у якому за рахунок інтенсивного пластичного деформування заготовки зсувом при одночасовому додатку протитиску величиною не менш границі течучості матеріалу що оброблюється забезпечується підвищення фізико-механічних властивостей і поліпшення структури, при цьому розміри поперечного перетину заготовки на початку і кінці процесу не зміню-

ються

Поставлена задача зважується двома винаходами, взаємозалежними єдністю розв'язуваної задачі на спосіб зміцнення матеріалу і на пристрій для його реалізації

Поставлена задача зважується тим, що в способі зміцнення матеріалу, що полягає в накопиченні великих пластичних деформацій за один чи кілька деформаційних переходів шляхом інтенсивної пластичної деформації заготовки зсувом без зміни поперечного перетину заготовки на кінцевій стадії деформування, відповідно до винаходу, заготовку деформують у матриці двома чи декількома пуансонами, по всій поверхні торця заготовки, які впливають попеременно на глибину не менш  $2/3$  її висоти, причому одночасно з деформуванням заготовки одним з пуансонів до інших прикладають зусилля, що створює в матеріалі протитиск величиною не менш границі текучості матеріалу що оброблюється, а потім знову повторюють зазначені операції іншою кількістю пуансонів по всій поверхні протилежного торця заготовки зі зміщенням площин зсуву до повернення заготовки у первісну форму знаки що перераховані складають сутність винаходу на спосіб, тому що є необхідними в будь-яких варіантах реалізації винаходу і достатнім для досягнення поставленої задачі

Поставлена задача в частині пристрою зважується у виді, що між силовим органом і деформуючим блоком встановлений підкладний блок, виконаний у вигляді опорного пуансона та втулки з кільцевими проточками, розрахованої в цих перетинах на міцність, рівну межі текучості оброблюваного матеріалу Деформуючий блок виконаний у виді глухої матриці для розміщення оброблюваної заготовки, обраної кількості пуансонів, що впливають на всю поверхню торця заготовки з можливістю їх незалежного осьового переміщення за рахунок підкладного блоку, розрахованого на визначене зусилля протитиску та рівномірному їхньому осадженні на довжині, рівній не менш  $2/3$  висоти оброблюваної заготовки

Ще одна відмінність полягає в тому, що глуха циліндрична матриця містить розміщену в її дно підкладну пластину, а в дні матриці виконаний отвір для забезпечення виштовхування заготовки Крім того пуанسونи виконані концентричними

Зазначені особливості реалізації пристрою не є обов'язковими, а найбільш кращими з погляду заявника і не виключають можливості іншого виконання пристрою в межах сутності винаходу, що заявляється

Причинно-наслідковий зв'язок відмітних ознак і досягнутого технічного результату полягає в наступному

високий рівень дійсної деформації при обробці заготовки з боку одного з торців трьома пуансонами реалізує високий рівень зміцнення,

створення сприятливої схеми напруженого стану, стану всебічного стиску заготовки за рахунок того, що одночасно з деформацією заготовки одним з пуансонів до інших прикладають силу, що створює в матеріалі протитиск величиною не менш границі текучості матеріалу що оброблюється,

стабільність властивостей обробленого мате-

ріалу за рахунок створення площин зрушення по всьому перетину заготовки,

при обробці вторинних матеріалів, наприклад, вторинного алюмінію, за рахунок попеременного впливу на заготовку пуансонами відбувається процес дроблення і рівномірного розподілу домішок в обробленій заготовці, що, у свою чергу приводить до підвищення міцносних і пластичних характеристик і дозволяє використовувати оброблені таким способом матеріали в якості конструкційних,

глибина пророблення оброблюваної заготовки на  $2/3$  розміру її висоти обумовлена висотою пластичної зони заготовки  $h_{пз}$  (І Л Перлін "Теорія пресування металів" М. Металургія, 1964 р. Стор. 146 - 147) Висота пластичної зони, тобто відстань по подовжній осі від торця пуансона до нижньої поверхні цієї зони залежить від співвідношення діаметрів пуансонів і матриці Після того, як відстань між пуансоном і дном матриці досягає  $h_{пз}$ , тобто коли в частину пластичної зони, що обжимає, не надходить метал і пластична зона зменшується, виникає інтенсивне ковзання металу по дну матриці, а з ним і сили тертя пресування, що приводять до інтенсивного росту тиску У загальному випадку, при обробці заготовки на  $2/3$  її висоти пластична зона завжди досягає дна матриці, при цьому пластична деформація охоплює всю висоту заготовки, реалізуючи високий рівень зміцнення

Перелік фігур, креслень

Фіг. 1 - Схема пристрою для реалізації способу зміцнення матеріалу

Відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу

Спосіб, що заявляється, може бути реалізований у такий спосіб Схема пристрою для реалізації способу зміцнення матеріалу показана на фіг. 1

Пристрій складається з матриці 1, у дні якої виконаний отвір 10 для виштовхування заготовки, опорної пластини 2, на яку встановлюється оброблювана заготовка 3, робочих пуансонів 4, 5, 6, що впливають на заготовку по черзі за допомогою плити преса що рухається 8 крізь опорний пуансон 9 і втулку 7 для створення протитиску Втулка 7 поставлена кільцевими проточками і розрахована в цих перетинах на міцність, рівну границі текучості оброблюваного матеріалу

Зазначений пристрій працює в такий спосіб

Плита преса що рухається 8 переміщаючи, створює тиск через опорний пуансон 9 на робочий пуансон 6, що нижнім своїм торцем деформує заготовку 3 на глибину не менш  $2/3$  її висоти Одночасно з впливом плити преса, що рухається на пуансон 9 створюється тиск через втулку 7 на пуансон 4 і 5 При тисках, що досягають границі текучості оброблюваного матеріалу, втулка 7, що має кільцеві проточки і розрахована в цих перетинах на міцність, рівну границі текучості оброблюваного матеріалу, починає осаджуватися, у результаті чого пуансон 6 впроваджується в матеріал оброблюваної заготовки, а частина заготовки, що знаходиться під торцями пуансонів 4 і 5 піднімається в матриці разом з пуансонами При цьому, на цю частину заготовки впливає протитиск, який дорівнює границі текучості матеріалу заготовки, створюючи в заготовці напругу всебічного стис-

ку, тобто сприятливу схему вбраного стану Далі, заготовку пресують проміжним пуансоном 5, під внутрішній 6 і зовнішній 4 пуансони, встановлюючи втулки для протитиску, після чого заготовку деформують зовнішнім пуансоном, у результаті чого заготовка здобуває вихідну форму і розміри Цим закінчується один цикл обробки Потім через отвір 10 за допомогою оправки заготовку виштовхують з матриці, установлюють її в матрицю іншим торцем і проводять другий цикл обробки, але двома іншими пуансонами Зміна кількості пуансонів, а також і їхніх поперечних перетинів обумовлено двома факторами По-перше, змінюючи поперечний перетин пуансонів, (у цьому випадку збільшуючи), у другому циклі обробки матеріалу збільшують в оброблюваній заготовці кількість площин зрушення По-друге, другий цикл обробки починають на вже матеріалі що зміцнений, тому, з погляду підвищення міцності робочих пуансонів доцільне збільшення їхнього перетину

Конкретний приклад реалізації

Заготовку з міді марки МІ твердістю 72-76 НВ діаметром 100мм і висотою 100мм обробляли за зазначеним способом

Матриця двошарова, бандажована робітничим діаметром під заготовку 100мм, висота від торця опорної пластини до верхнього торця складає 160мм Перший цикл обробки проводили трьома пуансонами, виконаними зі сталі ХВГ і термообробленими до твердості 58-60 HRC Розміри пуансонів внутрішній пуансон діаметром 60мм, проміжний - діаметром 80мм і зовнішній - діаметром 100мм Висота всіх трьох пуансонів складала 180мм Втулки для створення протитиску виготовлені з латуні Л63 Матеріал, форма і розміри втулок обрані і розраховані на умови опору деформації при їхньому осадженні таким чином, щоб викликати напруги протитиску в матеріалі заготовки що оброблювалася  $\sigma_s \geq 6 \text{ кг/мм}^2$  (границя текучості міді МІ) Кільцеві проточки на зовнішній поверхні втулок виконують для рівномірного їхнього осадження Довжина кільцевої проточки регламентована глибиною впровадження робочого пуансона в заготовку що оброблюється

При обробці заготовки внутрішнім пуансоном на глибину 67-68мм для створення протитиску встановлювали одну втулку При обробці проміжним пуансоном установлювали дві втулки під внутрішній пуансон і під зовнішній При обробці зовнішнім пуансоном встановлювалася інша втулка Усі три пуансони впроваджували в заготовку на глибину 67-68мм, при цьому рівень протитиску складав 6,5-7,5 кг/мм<sup>2</sup> Рівень дійсної деформації (визначали за методом Джонсона-Меллора (Джонсон, Меллор Теорія пластичності для інженерів М Машинобудування, переклад з англійської, 1979р)

$$\varepsilon = 0.8 + 1.5 \ln \frac{D^2}{D^2 - d^2}$$

Сумарний рівень дійсної деформації за один цикл обробки трьома пуансонами склав ( $\varepsilon = 6.28$

При цьому рівень твердості склав 122-128 НВ

Далі, через отвір 10, фіг 1 за допомогою оправлення оброблену заготовку виштовхнули з матриці й установили її в матрицю іншим торцем, після чого провели другий цикл обробки двома пуансонами внутрішній пуансон діаметром 70мм, зовнішній  $d \times D = 70 \times 100 \text{ мм}$  Втулки для забезпечення необхідного рівня протитиску виготовили зі сталі ст 3 з розмірами поперечного перетину, розрахованими на межу текучості  $\sigma_s \geq 15-18 \text{ кг/мм}^2$

В другому циклі обробки двома пуансонами сумарний рівень дійсної деформації склав 3,62 Сумарний рівень деформації в двох циклах обробки склав 9,9 Рівень твердості заготовки що оброблена після другого циклу деформації склав 142-148 НВ, що є дуже високим рівнем для даного матеріалу, при цьому форма і розміри заготовки після двох циклів деформування збереглися

Приведені дані свідчать про можливість промислової реалізації винаходу, що заявляється, за рахунок вибору відповідних матеріалів для виготовлення елементів підкладного пристрою для зміцнення матеріалу

Література

1 МБ Сторожев, ЕА Попов Теория обработки металлов давлением М Машиностроение, 1977 423с

2 Валиев РЗ, Александров ИВ Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией М Логос 2000 271 с

3 Valiev R Z // Nanostructured Materials 1995 V 9 P 73

4 АС № 637184 СССР Способковки поковок Сегал ВМ ФТИ АН СССР 4 05 75 В21у 5/00 621 73 042

5 БИ Береснев, ДК Булычев Механические свойства алюминия и меди после выдавливания их жидкостью высокого давления // Физика металлов и металловедение - 1963-16, вып 1 - 6, стр 117-123

6 А с 492780 СССР Устройство для упрочнения материала давлением Сегал ВМ, Шукин В Я ФТИ АН СССР 11 06 73 G o/n 3/00 Б И № 43, 1975 г

7 А с 804049 СССР Устройство для упрочнения металлов пластическим деформированием Сегал ВМ, Копылов В И ФТИ АН СССР 22 02 79 В21С 25/00

8 А с 902962 СССР Устройство для упрочнения металлов пластическим деформированием Сегал ВМ, Копылов В И ФТИ АН СССР 13 06 80 В 2/7 5/00

9 А с 902884 СССР Устройство для упрочнения металлов пластическим деформированием Сегал ВМ, Копылов В И, Резников В И, Малышев В Ф ФТИ АН СССР Б И №5, 1982 г

10 ЯЕ Бейгельзимер, ВН Варюхин, СГ Сынков, АН Сапронов, ВГ Сынков Новые схемы накопления больших пластических деформаций с использованием гидроэкструзии ФТВД 1999, том 9, №3

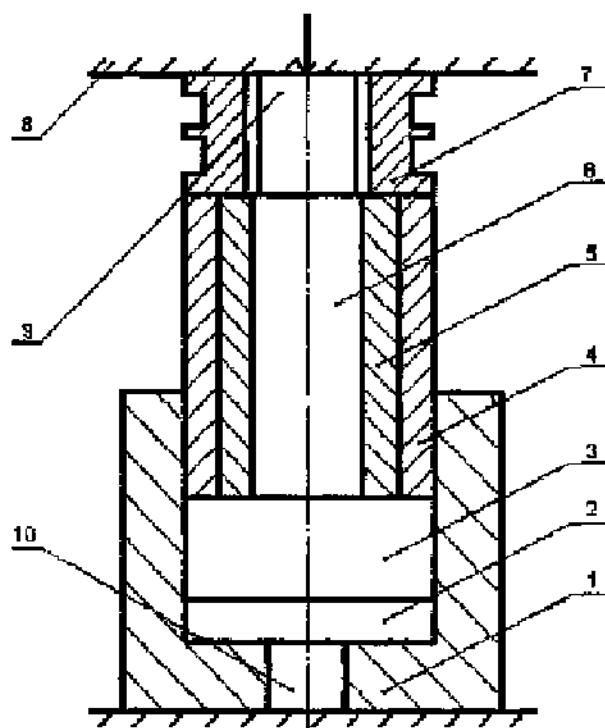


Fig.

---

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90

---

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна  
(044) 216 – 32 – 71