



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **130924** (13) **C2**
(51) МПК**B22F 3/02** (2006.01)
B22F 3/03 (2006.01)
B21J 5/06 (2006.01)
C21D 7/10 (2006.01)
B21C 25/06 (2006.01)НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

(21) Номер заявки: **а 2023 00054**
(22) Дата подання заявки: **05.01.2023**
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **18.06.2026**
(41) Публікація відомостей про заявку: **10.07.2024, Бюл.№ 28**
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **17.06.2026, Бюл.№ 24**

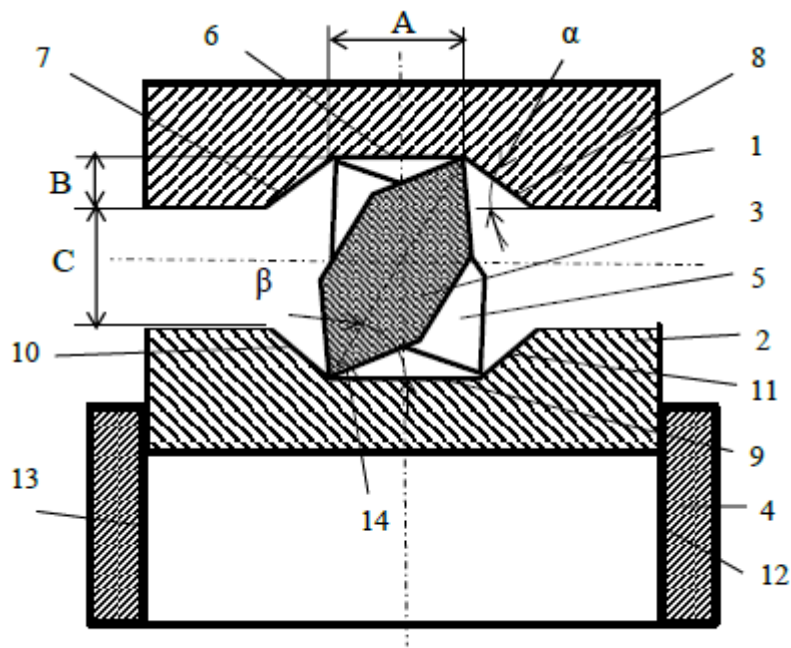
(72) Винахідник(и):
Тарасов Олександр Федорович (UA),
Грибков Едуард Петрович (UA),
Васильєва Людмила Володимирівна (UA),
Алтухов Олександр Валерійович (UA),
Павленко Дмитро Вікторович (UA)
(73) Володілець (володільці):
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА
МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ,
вул. Руська, 56, м. Тернопіль, 46001 (UA)
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
RU 2659558 C2, 02.07.2018
US 11311959 B2, 26.04.2022
RU 2175277 C1, 27.10.2001
CA 3206512 A1, 09.09.2022
UA 112235 U, 12.12.2016
Інтенсивна пластична деформація: методи та математичні моделі формування наноматеріалів [Інтернет-публікація] URL: <https://physics.lnu.edu.ua/jps/2020/2/pdf/2001-20.pdf> (збережено 04.11.2020, знайдено 15.04.2025)
RU 2383632 C2, 10.03.2010
UA 76206 U, 25.12.2012
UA 115341 C2, 25.10.2017
UA 88811 U, 10.04.2014

UA 130924 C2

(54) СПОСІБ БАГАТОРАЗОВОЇ РЕВЕРСИВНОЇ ІНТЕНСИВНОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ЗАГОТОВОК**(57) Реферат:**

Даний винахід належить до галузі обробки металів тиском і може бути використаний для отримання металів та металевих матеріалів з ультрадисперсним зерном за допомогою інтенсивної пластичної деформації і використана в машинобудуванні для обробки заготовок різного призначення. Заявлений спосіб багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки полягає в деформуванні заготовки заданої довжини за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки, для чого обмежують деформацію заготовки по двох осях, які перпендикулярні осі деформування, на торцях заготовки і з двох сторін вздовж її довжини, формуванні перерізу заготовки частинами штампа, вийманні заготовки зі штампа перед кожним наступним етапом деформації та обертанні заготовки навколо поздовжньої осі, встановленні заготовки у штамп таким чином, що її гострі кути контактують з тупими кутами частин штампа та переформовуванні отриманого поперечного перерізу заготовки шляхом

асиметричної осадки таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями, повторенні деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву. При цьому переріз заготовки формують у вигляді шестигранника із двома сторонами, перпендикулярними осі деформування, а кути повороту змінюють таким чином, що гострі кути заготовки контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі тупими, кутами частин штампа, повертаючи, відповідно, за і проти часової стрілки на кут β , який визначається відповідно до формули: $\beta = \arcsin((2B+C) \cdot \operatorname{tg}(\alpha) / (A \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + 2B))$, де α - кут нахилених деформуючих поверхонь до горизонтальної осі; B - глибина порожнин верхньої і нижньої частин штампа у поперечному перерізі; A - ширина горизонтальної площадки в порожнинах у поперечному перерізі штампа; C - зазор між половинами штампа в нижньому положенні верхньої частини. Винахід полягає у зниженні нерівномірності розподілу деформації по перерізу заготовки та зменшенні кількості операцій за рахунок отримання симетричної форми заготовки на кожному етапі деформування.



Фиг. 1

Винахід належить до галузі обробки металів тиском і може бути використаний для отримання металів та металевих матеріалів з ультрадисперсним зерном за допомогою інтенсивної пластичної деформації і використаний в машинобудуванні для обробки заготовок різного призначення.

Відомий спосіб пластичної деформації металів [Пат. 2306997 РФ, МПК В21J 5/06. Устройство для осадки со сдвигом заготовки / А. Д. Хван, Д. В. Хван, М. А. Дикарев, А. А. Горячев, С. И. Бахматов, О. А. Соколова, А. В. Попов. - № 2006107344; заявл. 09.03.2006; опубл. 27.09.2007, Бюл. № 27], за яким осадку заготовки виконують з одночасним переміщенням деформуючих поверхонь у поперечному напрямку відносно напрямку прикладення зусилля, що призводить до створення на поверхні заготовки активних зусиль тертя та інтенсифікації пластичних деформацій зсуву по всьому об'єму заготовки.

Також відомий спосіб пластичної деформації металевих матеріалів шляхом рівноканального кутового пресування [Пат. 7288 Україна, МПК С22F 1/18, F22F 3/00. Пристрій для виготовлення високощільних виробів з металевих порошків чи стружки гарячим штампуванням / Л. О. Рябічева, А. Т. Циркін, І. Г. Потапова, Ю. М. Никитін. - № 20041109508, заявл. 19.11.2005; опубл. 15.06.2006, Бюл. № 8], який полягає в тому, що деформація заготовки відбувається у закритому просторі контейнера, в якому контактуючі поверхні пуансона та матриці мають нахил під кутом до поверхні порошкової заготовки, яка під час деформування ущільнюється в контейнері в формі нахиленого паралелепіпеда, який потім продавлюється через матрицю, що призводить до інтенсифікації пластичних деформацій зсуву в матеріалі заготовки.

Відомий також спосіб багаторазової інтенсивної пластичної деформації заготовки зі зміною напрямку деформування [Пат. 2393936 РФ, МПК С22F 1/18, В21J 5/06 / Способ получения ультрамелкозернистых заготовок из металлов и сплавов / В. А. Шундалов, В. Ю. Иванов, В. В. Латыш, И. Н. Михайлов, С. П. Павлович, А. В. Шарафутдинов. - № 2009110937/02; заявл. 25.03.2010; опубл. 10.07.2010. Бюл. № 54], за яким виконують деформування заготовки заданої довжини за схемою плоскодеформованого стану, при якому заготовка з прямокутним перерізом, одна з сторін якого не перевищує ширину порожнини матриці штампа, обмежена по одній осі (з двох бокових сторін стінками матриці штампа), а рух металу відбувається у напрямку двох інших осей, при цьому заготовку деформують осадкою вздовж довжини, перед кожним наступним етапом деформації заготовку витягують зі штампа й виконують поворот у просторі відносно нього на 90° відносно двох осей, і встановлюють заготовку в штамп більшим розміром у напрямку осадки, таким чином змінюють на кожному етапі напрямок деформування та повторюють деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації.

Відомий також спосіб багаторазової інтенсивної пластичної деформації заготовки зі зміною напрямку деформування [Пат. 76206 Україна, МПК В22F 3/03. Спосіб багаторазової інтенсивної пластичної деформації заготовки зі зміною напрямку деформування / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов. - № u201207396; заявл. 18.06.2012; опубл. 25.12.2012, Бюл. № 24], за яким виконують деформування заготовки заданої довжини за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки, для чого обмежують деформацію заготовки стінками порожнини матриці штампа по двох осях, які перпендикулярні осі деформування (по довжині заготовки і з двох сторін перерізу), при цьому один з розмірів перерізу заготовки не перевищує ширину його порожнини, формують переріз заготовки у вигляді паралелограма із двома сторонами, паралельними осі деформування, перед кожним наступним етапом деформації заготовку витягують зі штампа й виконують її поворот на 180° відносно осі деформування, для створення інтенсивних пластичних деформацій зсуву встановлюють у штамп таким чином, що гострі кути заготовки контактують з тупими кутами пуансонів та переформовують отриманий поперечний переріз заготовки в умовах стисненого формування шляхом асиметричного осаджування таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями та повторюють деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву, а на останньому етапі деформування відновлюють близьку до симетричної форму поперечного перерізу заготовки шляхом зменшення ходу деформування в 2 рази.

Відомий також спосіб багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки [Пат. 88811 Україна, МПК В22F 3/00. Спосіб багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки / О. Ф. Тарасов, О. В. Алтухов. - № a201307911; заявл. 21.06.2013; опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7], вибраний нами як прототип, за яким виконують деформування заготовки заданої довжини за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки, для чого обмежують деформацію заготовки стінками порожнини матриці штампа по двох осях, які перпендикулярні осі деформування (по довжині заготовки і з двох сторін перерізу), при цьому один з розмірів перерізу заготовки не перевищує ширину його порожнини,

формують переріз заготовки у вигляді паралелограма із двома сторонами, паралельними осі деформування, перед кожним наступним етапом деформації заготовку витягують зі штампа й виконують поворот у просторі відносно нього, встановлюють у штамп таким чином, що гострі кути заготовки контактують з тупими кутами пуансонів та переформовують отриманий

5 поперечний переріз заготовки в умовах стисненого формування шляхом асиметричної осадки таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями, повторюють деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву, а на останньому етапі деформування відновлюють, близьку до симетричної, форму поперечного перерізу заготовки шляхом зменшення ходу деформування в 2 рази, при цьому на

10 кожному наступному етапі для створення інтенсивних пластичних деформацій зсуву заготовку повертають навколо поздовжньої осі заготовки на кут B , який визначається відповідно до формули $B=2\arctg(\sin(A)+F/H)$, де A - кут нахилу деформуючої поверхні до осі, яка у поперечному перерізі перпендикулярна до осі деформування; F - площа поперечного перерізу заготовки; H - ширина порожнини матриці штампа.

15 Загальними істотними ознаками відомого способу й того, що заявляється, є деформування заготовки заданої довжини за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки, для чого обмежують деформацію заготовки по двох осях, які перпендикулярні вертикальній осі штампа, на торцях заготовки і з двох сторін вздовж її довжини, формування перерізу заготовки частинами штампа, виймання заготовки зі штампа перед кожним наступним етапом деформації

20 та обертання заготовки навколо поздовжньої осі, встановлення заготовки у штамп таким чином, що її гострі кути контактують з тупими кутами частин штампа та переформовування отриманого поперечного перерізу заготовки шляхом асиметричної осадки таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями, повторення деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву.

25 Недоліками відомого способу багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки є формування поперечного перерізу у вигляді паралелограма, ця форма не є симетричною, що призводить до суттєвої нерівномірності розподілу деформації по перерізу заготовки і вимагає в наступному додаткової операції формування симетричного перерізу заготовки.

30 В основу винаходу поставлено задачу вдосконалення відомого способу для зниження нерівномірності розподілу деформації по перерізу заготовки та зменшення операцій за рахунок отримання симетричної форми заготовки на кожному етапі деформування.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки, який полягає в деформуванні заготовки заданої

35 довжини за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки, для чого обмежують деформацію заготовки по двох осях, які перпендикулярні вертикальній осі штампа, на торцях заготовки і з двох сторін вздовж її довжини, формуванні перерізу заготовки частинами штампа, вийманні заготовки зі штампа перед кожним наступним етапом деформації та обертанні заготовки навколо поздовжньої осі, встановленні заготовки у штамп таким чином, що її гострі

40 кути контактують з тупими кутами частин штампа та переформовуванні отриманого поперечного перерізу заготовки шляхом асиметричної осадки таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями, повторенні деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву, згідно з винаходом переріз заготовки формують у вигляді шестигранника із двома протилежними горизонтальними плоскими

45 поверхнями, перпендикулярними вертикальній осі штампа, для чого виконують порожнину верхньої частини штампа глибиною B , яка включає центральну горизонтальну плоску поверхню шириною A , яка розташована перпендикулярно та симетрично відносно вертикальній осі штампа та дві бокові плоскі поверхні, нахилені до горизонтальної осі штампа під кутом α і які створюють з центральною горизонтальною плоскою поверхнею тупі кути $(180-\alpha)$, при

50 деформуванні заготовки порожнина верхньої частини штампа формує три верхні плоскі поверхні шестигранника, а порожнина нижньої частини штампа виготовлена однакової форми з верхньою і розташована симетрично до неї відносно горизонтальної осі штампа, формує протилежні три сторони шестикутника, а кути повороту заготовки між етапами деформації змінюють таким чином, що гострі кути заготовки, які створюються протилежними боковими

55 плоскими поверхнями верхньої і нижньої частин штампа, контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі штампа тупими кутами частин штампа, а кут β між лінією, яка їх з'єднує, і горизонтальною віссю штампа визначають відповідно до формули: $\beta=\arcsin((2B+C)\cdot\lg(\alpha)/(A\cdot\lg(\alpha)+2B))$, де C - зазор між половинами штампа в їх верхньому положенні.

60 Суть винаходу пояснюється кресленнями, на яких зображено:

- фіг. 1 - поперечний переріз верхньої та нижньої частин штампа у вихідному верхньому положенні;

- фіг. 2 - поперечний переріз верхньої і нижньої частин штампа з кінцевим розташуванням заготовки між частинами штампа після деформації;

5 - фіг. 3 - вигляд на штамп зверху, верхня частин штампа знята.

Указані ознаки складають суть винаходу тому, що вони є необхідними і достатніми для досягнення технічного результату - зниження нерівномірності розподілу деформації по перерізу заготовки та зменшення операцій за рахунок отримання симетричної форми заготовки на кожному етапі деформування.

10 При повторенні деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву, гострі кути заготовки на послідовних операціях деформування контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі тупими кутами частин штампа і таким чином заготовка розміщується по різних діагоналях між тупими кутами у порожнині штампа, а також зменшити кількість операцій за рахунок отримання симетричної форми

15 заготовки на кожному етапі деформування.

Причинно-наслідковий зв'язок ознак, які складають суть винаходу, з технічним результатом, який досягається, пояснюється наступним.

Переріз заготовки формують у вигляді шестигранника із двома протилежними горизонтальними плоскими поверхнями, перпендикулярними вертикальній осі штампа, що дозволяє створювати з одного боку симетричну форму перерізу заготовки на кожному етапі деформування, а з іншого боку - створити два тупих кути для асиметричного розташування заготовки на наступному етапі деформування і таким чином забезпечити два варіанти можливого розташування заготовки по діагоналях для різного її встановлення. Після повороту і встановлення заготовки в штамп наявність двох паралельних сторін забезпечує симетрію течії металу відносно поздовжньої осі заготовки і відсутність витікання матеріалу в зазор між частинами штампу при ході верхньої частини вниз в процесі деформування. Наявність бокових плоских поверхонь, нахилених до горизонтальної осі штампа під кутом α і які створюють з центральною горизонтальною плоскою поверхнею тупі кути $180-\alpha$, обмежує деформацію заготовки відносно горизонтальної осі штампа, з двох сторін вздовж її довжини.

30 Отримання симетричної форми перерізу заготовки після деформування дозволяє використовувати заготовку безпосередньо після обробки за даним способом без додаткових технологічних операцій доведення форми до точних розмірів. Таким чином, при використанні способу також зменшується кількість операцій за рахунок отримання симетричної форми заготовки на кожному етапі деформування.

35 У свою чергу асиметричне розташування заготовки таким чином, що гострі кути заготовки, які створюються протилежними боковими плоскими поверхнями верхньої і нижньої частин штампа, контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі штампа тупими кутами частин штампа, дозволяє виконувати деформування шляхом асиметричної осадки в одному штампі і керувати розподілом накопиченого ступеня деформації в перерізі заготовки при тому, що отримується симетрична форма перерізу заготовки після кожного деформування.

40 Два варіанти встановлення заготовки між частинами штампа по різних діагоналях в силу симетрії частин штампа відносно вертикальної осі, дозволяє вирівнювати розподіл деформації по перерізу заготовки і забезпечувати однакові механічні характеристики по перерізу заготовки.

45 Визначення кута β , відповідно до формули $\beta = \arcsin((2B+C) \cdot \operatorname{tg}(\alpha) / (A \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + 2B))$, де α - кут нахилу бокових плоских поверхонь до горизонтальної осі штампа; B - глибина порожнини верхньої і нижньої частин штампа у поперечному перерізі; A - ширина центральної горизонтальної плоскості поверхні в порожнинах у поперечному перерізі штампа; C - зазор між половинами штампа в їх верхньому положенні, дозволяє виконувати поворот заготовки перед деформуванням і її встановлення в штамп таким чином, що гострі кути заготовки, які створюються протилежними боковими плоскими поверхнями верхньої і нижньої частин штампа, контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі штампа тупими кутами частин штампа, повертаючи відповідно за і проти часової стрілки на кут β . Змінення геометричних параметрів поперечного перерізу частин штампа і, відповідно, кута β дозволяє змінювати розподіл деформації по перерізу заготовки для вибору необхідного варіанту цього розподілу.

55 Зменшення кількості операцій при деформуванні заготовки досягається за рахунок отримання симетричної форми перерізу заготовки на кожному етапі деформування. Ця форма створюється верхньою та нижньою частинами штамп, які формують відповідні поверхні поперечного перерізу заготовки.

60 На фіг. 1 показано поперечний переріз верхньої 1 та нижньої 2 частин штампа у вихідному верхньому положенні. У порожнині верхньої 1 і нижньої 2 частин штампа розташована заготовка

3. Частини штампа 1, 2 і заготовка 3 розташовані в матриці 4. Другий можливий варіант розташування заготовки 3 - в положенні 5 також показаний між частинами штампа 1 і 2.

Порожнина верхньої частини 1 штампа глибиною В обмежується центральною горизонтальною плоскою поверхнею 6 шириною А, яка розташована перпендикулярно та симетрично відносно вертикальної осі штампа і двома боковими плоскими поверхнями 7 і 8, які створюють з горизонтальною віссю штампа кут α , і таким чином виконані під тупим кутом до центральної горизонтальної плоскої поверхні 6. Вони формують три верхні плоскі поверхні заготовки 3 з перерізом у вигляді шестигранника.

Центральна горизонтальна 9 та бокові 10, 11 плоскі поверхні порожнини нижньої частини 2 штампа виконані симетрично верхнім 6, 7, 8 відносно горизонтальної осі штампа і формують три нижні плоскі поверхні заготовки 3.

Частини штампа 1 і 2 розташовані з зазором С при верхньому положенні верхньої 1 і нижньої 2 частин штампа. Нижня 2 частина штампа розташована в матриці 4 прямокутної форми, внутрішні бічні поверхні якої 12, 13 контактують з відповідними бічними поверхнями частини 2 штампа з можливістю відносного переміщення вздовж вертикальної осі штампа.

На фіг. 2 приведений поперечний переріз штампа з розташуванням частин штампа 1, 2 і заготовки 3 в нижньому положенні після деформування. Горизонтальні 6, 9 (фіг. 1) та бокові 7, 8 і 10, 11 плоскі поверхні порожнин частин штампа утворюють форму заготовки 3 (фіг. 2) в перерізі у вигляді шестигранника. Гострі кути 14 заготовки 3 створюються протилежними плоскими бічними поверхнями 7 (фіг. 1) і 10, а також 8 і 11 частин 1 і 2 штампів, відповідно. Верхня 1 і нижня 2 частини штампа розташовані в матриці 4 прямокутної форми, внутрішні бічні поверхні якої 12, 13 контактують з відповідними бічними поверхнями частин штампа 1 і 2 з можливістю відносного переміщення вздовж вертикальної осі деформування.

На фіг. 3 показано вигляд на штамп зверху, верхня частина штампа 1 (фіг. 1) та заготовка 3 зняті. Торцеві внутрішні поверхні 15, 16 (фіг. 3) матриці 4, яка має довжину D, також контактують з торцевими поверхнями частин штампа та заготовки. Таким чином матриця 4 забезпечує напрямок верхньої 1 та нижньої 2 (фіг. 1) частин штампа, а також обмежує торцеві поверхні заготовки в процесі деформування відповідними торцевими внутрішніми поверхнями 15, 16 (фіг. 3) матриці 4. При цьому забезпечується схема плоскодеформованого стану в перерізі заготовки в процесі деформування.

Заготовка 3 (фіг. 1) розташована перед деформуванням між верхньою 1 та нижньою 2 частинами штампа таким чином, що її гострі кути 14 заготовки, які створюються протилежними боковими плоскими поверхнями верхньої і нижньої частин штампа, контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі штампа тупими кутами частин штампа, які створюються центральною горизонтальною 6 та бічною 8 плоскими поверхнями верхньої частини 1 штампа, а також, відповідно, 9 і 10 плоскими поверхнями нижньої частини 2 штампа. У силу симетрії частин штампа відносно вертикальної осі, протилежні тупі кути можуть бути утворені центральною горизонтальною 6 та бічною 7 плоскими поверхнями верхньої частини штампа 1, а також, відповідно, 9 і 11 плоскими поверхнями нижньої частини 2 штампа. Це створює положення 5 заготовки 3 перед деформуванням. Заготовка 3 повернена на кут β відносно горизонтальної осі штампа або вихідного горизонтального положення, яке вона має після попереднього етапу деформування (фіг. 2). При цьому кут β (фіг. 1) між лінією, яка з'єднує гострі кути заготовки 14, і горизонтальною віссю штампа (кут повороту заготовки) визначають відповідно до формули $\beta = \arcsin((2B+C) \cdot \operatorname{tg}(\alpha) / (A \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + 2B))$.

Спосіб багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки виконується наступним чином. Між частинами 1 і 2 (фіг. 1) штампа встановлюють заготовку 3 довжиною D (фіг. 3) і обмежують течію металу заготовки по двох осях, які перпендикулярні вертикальній осі штампа, на торцях заготовки по довжині - внутрішніми торцевими поверхнями 15, 16 матриці 4. З двох сторін заготовки вздовж її довжини обмежують течію заготовки центральними 6, 9 (фіг. 1) та боковими 7, 8, 10, 11 плоскими поверхнями порожнин штампа. За рахунок цього реалізують схему плоскодеформованого стану в перерізі заготовки. При цьому гострі кути заготовки 3 можуть контактувати з різними протилежними відносно вертикальної осі тупими кутами частин штампа.

Заготовка 3 поміщається між верхньою 1 і нижньою 2 частинами штампа, які знаходяться у вихідному верхньому положенні, при цьому заготовка 3 повернена на кут β відносно вихідного горизонтального положення, яке вона має після попереднього етапу деформування. Потім частини 1, 2 штампа з заготовкою переміщуються вниз в матрицю 4 вздовж внутрішніх бічних поверхень 13, 14 і торцевих внутрішніх поверхень 15, 16 (фіг. 3), які контактують з відповідними бічними поверхнями частин штампа 1 і 2 (фіг. 1). Це забезпечує напрямок верхньої 1 та нижньої

2 частин штампа і обмеження на торцях заготовки по довжині внутрішніми торцевими поверхнями 15, 16 (фіг. 3) матриці 4.

Після встановлення заготовки 3 і переміщення частин штампа 1 і 2 в матрицю 4 до нижнього положення нижньої частини 2 штампа (фіг. 2) виконують деформування заготовки 3 шляхом переміщення верхньої частини штампа 1 в нижнє положення. При цьому частинами штампа 1, 2 формують переріз заготовки 3 у вигляді шестигранника за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки. При деформуванні заготовки центральна 6 (фіг. 1) і бічні 7, 8 плоскі поверхні верхньої частини 1 штампа формують три верхні плоскі поверхні шестигранника, а відповідні плоскі поверхні 9, 10, 11 нижньої частини 2 штампа, яка виготовлена однакової форми з верхньою і розташована симетрично до неї відносно горизонтальної осі штампа, формують протилежні три плоскі поверхні шестигранника.

Після деформації заготовки верхня частина 1 (фіг. 2) штампа переміщується у верхнє положення (фіг. 1). Потім нижня частина 2 штампа піднімається у верхнє положення і видаляє заготовку 3 з матриці 4. Перед кожним наступним етапом деформування заготовку обертають навколо поздовжньої осі на кут β і знову встановлюють заготовку 3 (фіг. 1) між частинами 1 і 2 штампа таким чином, що її гострі кути перерізу 14 контактують з тупими кутами частин 1 і 2 штампа. На етапах деформування положення заготовки 3 змінюється на положення 5 і навпаки.

Потім знову виконують деформування заготовки 3 за схемою плоскодеформованого стану в перерізі шляхом переміщення верхньої частини 1 штампа в нижнє положення. При цьому переформовують отриманий на попередній операції поперечний переріз заготовки в умовах стисненого формування шляхом асиметричної осадки таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями. Деформування повторюють в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву.

Застосування пропонованого способу багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки дозволяє знизити нерівномірність розподілу деформації по перерізу заготовки за рахунок того, що при повторенні деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву, гострі кути заготовки на послідовних операціях деформування контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі тупими кутами частин штампа і таким чином заготовка розміщується по різних діагоналях між тупими кутами у порожнині штампа, а також зменшити кількість операцій за рахунок отримання симетричної форми заготовки на кожному етапі деформування.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб багаторазової реверсивної інтенсивної пластичної деформації заготовки, який полягає в деформуванні заготовки заданої довжини за схемою плоскодеформованого стану в перерізі заготовки, для чого обмежують деформацію заготовки по двох осях, які перпендикулярні вертикальній осі штампа, на торцях заготовки і з двох сторін вздовж її довжини, формуванні перерізу заготовки частинами штампа, вийманні заготовки зі штампа перед кожним наступним етапом деформації та обертання заготовки навколо поздовжньої осі, встановлення заготовки у штамп таким чином, що її гострі кути контактують з тупими кутами частин штампа, та переформовуванні отриманого поперечного перерізу заготовки шляхом асиметричної осадки таким чином, що гострі й тупі кути поперечного перерізу змінюються місцями, повторенні деформування в необхідній кількості разів для накопичення заданого ступеня деформації зсуву, який **відрізняється** тим, що переріз заготовки формують у вигляді шестигранника із двома протилежними горизонтальними плоскими поверхнями, перпендикулярними вертикальній осі штампа, для чого виконують порожнину верхньої частини штампа глибиною В, яка включає центральну горизонтальну плоску поверхню шириною А, яка розташована перпендикулярно та симетрично відносно вертикальної осі штампа, та дві бокові плоскі поверхні, нахилені до горизонтальної осі штампа під кутом α і які створюють з центральною горизонтальною плоскою поверхнею тупі кути $(180-\alpha)$, при деформуванні заготовки порожнина верхньої частини штампа формує три верхні плоскі поверхні шестигранника, а порожнина нижньої частини штампа виготовлена однакової форми з верхньою і розташована симетрично до неї відносно горизонтальної осі штампа, формує протилежні три плоскі поверхні шестигранника, а кути повороту заготовки між етапами деформації змінюють таким чином, що гострі кути заготовки, які створюються протилежними боковими плоскими поверхнями верхньої і нижньої частин штампа, контактують з різними протилежними відносно вертикальної осі штампа тупими кутами частин штампа, а кут β між лінією, яка їх з'єднує, і горизонтальною віссю штампа визначають відповідно до формули: $\beta = \arcsin((2B+C) \cdot \operatorname{tg}(\alpha) / (A \cdot \operatorname{tg}(\alpha) + 2B))$, де С - зазор між половинами штампа в їх верхньому положенні.

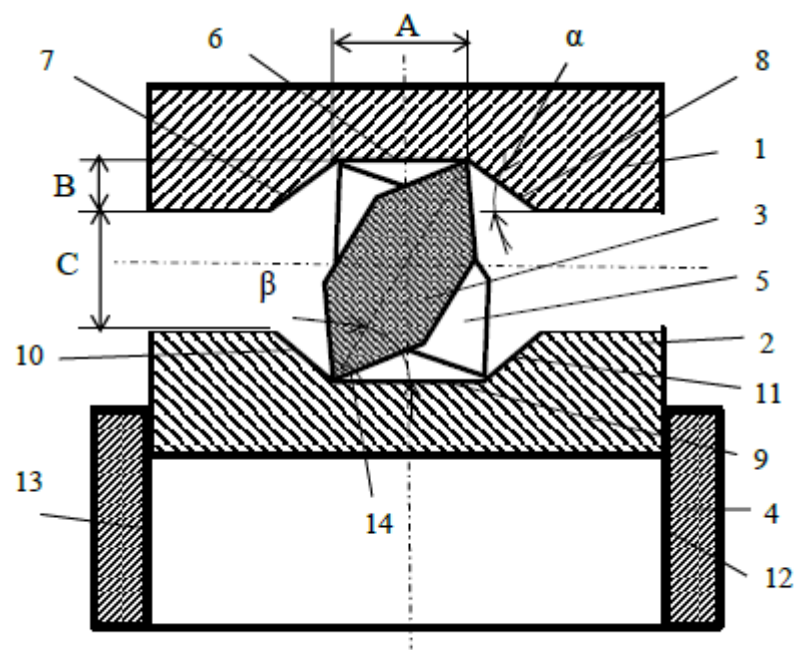


Fig. 1

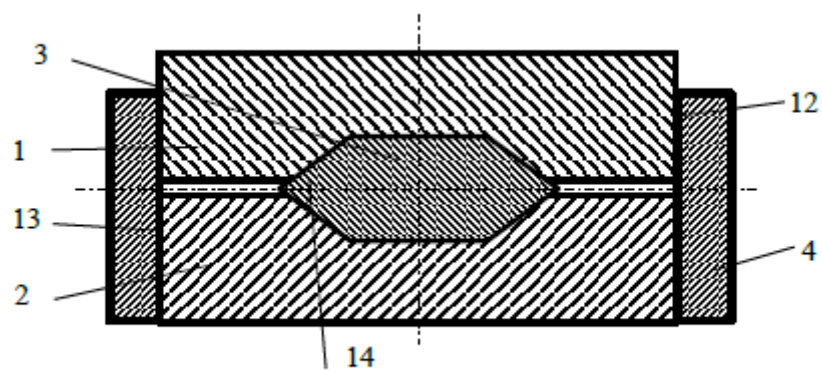


Fig. 2

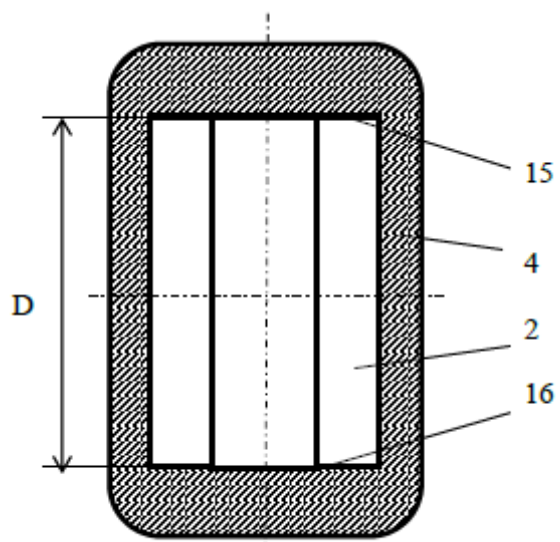


Fig. 3