

Винахід відноситься до обробки кольорових металів, а саме до механотермічної обробки титану і може бути використаний при виготовленні виробів з нелегованого титану та його  $\alpha$ -сплавів шляхом пластичної деформації (штамповки, кування, витягування, згинання і т.і.).

Технологічні спроможності деформування заготовок обмежуються в першу чергу максимальною пластичністю матеріалу, що використовується. У тих випадках, коли пластичність матеріалу не дозволяє виготовлення потрібних виробів в результаті одноразового деформування при кімнатній температурі використовують такі основні засоби подолання цієї проблеми:

- відомий спосіб виготовлення виробу з титанових сплавів шляхом гарячого штампування і кування [1, 2] в якому для підвищення пластичності матеріал нагрівають до високих температур в електричних, газових чи мазутних печах. Як і в запропонованому винаході, у відомому аналогу виробу з титану виготовляють шляхом пластичного деформування в заданому температурному режимі. Причиною, що перешкоджає отриманню технічного результату, є погіршення якості поверхневого шару виробу під дією високих температур внаслідок його окислення та газонасичення.

- відомий спосіб виготовлення виробу по частинам з подальшим їх зварюванням в одне ціле. Як і в запропонованому винаході, у відомому аналогу частини майбутнього виробу виготовляють шляхом пластичного деформування в заданому температурному режимі. Причиною, що перешкоджає отриманню технічного результату, є погіршення рівності поверхні виробу внаслідок появи зварювальних швів. В деяких випадках (наприклад, на внутрішній поверхні теплообмінників) це є неприпустимим. Крім того, внаслідок нагріву при зварюванні також можливі пошкодження поверхневого шару виробів [3].

Прототипом вибраний спосіб листової штамповки титану [4] шляхом двохстадійного пластичного деформування при кімнатній температурі з проміжними мікроопераційними відпалами з метою зменшення в металі внутрішньої напруги і підвищення його пластичності. Температура відпалів в залежності від марки сплаву і виду напівфабрикату становить від 520 до 760°C.

Як і в запропонованому винаході, виготовлення виробу в прототипі здійснюється шляхом пластичної деформації при кімнатній температурі. Причиною, що перешкоджає отриманню технічного результату, є окислення і газонасичення поверхневого шару під час високотемпературних відпалів. Щоб запобігти появі тріщин після кожного відпалу поверхневий шар потрібно усувати. У разі виготовлення виробу, що має малу товщину, відпали можна робити тільки в умовах вакууму чи захисної атмосфери. Ці запобіжні заходи ускладнюють технологічний процес, потребують дорогих вакуумних камер, значних витрат енергії, що негативно позначається на вартості виробу.

Задачею, на вирішення якої спрямований винахід, є спосіб підвищення технологічної пластичності і міцності виробу з титану.

Технічний результат, який може бути отриманий при використанні винаходу полягає у підвищенні пластичності матеріалу за рахунок структурних резервів.

Суть винаходу полягає в тому, що в способі виготовлення виробу з титану та його  $\alpha$ -сплавів шляхом пластичної деформації при кімнатній температурі заготовку попередньо піддають низькотемпературному пластичному деформуванню в діапазоні температур від 77 до 185K.

Запропонований винахід відрізняється від прототипу тим, що заготовку попередньо піддають низькотемпературному пластичному деформуванню в діапазоні температур від 77 до 185K.

Між суттєвими ознаками запропонованого винаходу і технічним результатом, якого можна досягти при його використанні, існує такий причинно-наслідковий зв'язок.

При низькотемпературній пластичній деформації в кристалічних ґратах матеріалу (титану чи його  $\alpha$ -сплавів) формуються двійникові та дислокаційні субструктури, що підвищують пластичність і міцність. Міцність нелегованого титану різко підвищується і досягає міцності легованих сплавів середньої міцності. При цьому зберігається корозійна стійкість, притаманна нелегованому титану.

Всі ці якості набувають також  $\alpha$ -сплави титану, але позитивний ефект буде значно меншим.

На відміну від прототипу у винаході немає довготривалих і високовартосних проміжних відпалів при високих температурах, а також операції усування окислених та газонасичених поверхневих шарів.

Виготовлення виробу шляхом двохстадійного деформування - спочатку при низьких (77-185K), а потім при кімнатній температурах дозволяє не підтримувати строго температуру заготовки на постійному рівні на протязі першої стадії. Неминучий відігрів попередньо охолодженої (наприклад, у рідкому азоті) заготовки в теплому технологічному оснащенні не є проблемою, яку потрібно вирішувати, а є частиною технологічного процесу.

Досягнення технічного результату підтверджується експериментальними даними, що були одержані авторами винаходу при вивченні температурних залежностей пластичності і міцності титану при його ізотермічному деформуванні та деформуванні зі зміною температури. Три установлені авторами експериментальних фізичних факти лежать в основі винаходу:

- 1) Температурна залежність пластичності титану при ізотермічному деформуванні має пологий максимум в районі температури 130K та пологий мінімум в районі кімнатної температури. Таким чином, зниження температури деформування титану замість його нагріву дозволяє досягати більших деформацій без ризику окислення та газонасичення поверхневого шару.

- 2) Висока пластичність титану може бути досягнута не тільки ізотермічним деформуванням при температурах близьких до 130K (що технічно не просто), але і комбінуванням попередньої низькотемпературної пластичної деформації в діапазоні 77-185K з послідувочією деформацією при кімнатній температурі.

- 3) Поєднання низькотемпературної попередньої деформації з деформацією при кімнатній температурі приводить к різкому росту міцності виробів з титану.

Так, наприклад, пластичність фольги BT1-00 при 130K ( $\delta \approx 41\%$ ) майже вдвічі перевищує її пластичність при кімнатній температурі ( $\delta \approx 22\%$ ). Але при комбінації глибокої низькотемпературної деформації при 130K з деформацією при кімнатній температурі можна навіть перевищити ізотермічний максимум пластичності, досягнувши значення  $\delta \approx 46\%$ . Що до міцності, то після глибокої низькотемпературної деформації на 30-35% при

температурах 77-130K істинний опір руйнуванню титану BT1-00 при кімнатній температурі збільшується з 450МПа до 650МПа (на 44%), а титану меншої чистоти BT1-1 з 540МПа до 780МПа (на 45%).

Таким чином, змінюючи температуру та величину попередньої низькотемпературної деформації можна створити умови для остаточного формування виробу при кімнатній температурі з оптимальним співвідношенням між пластичністю та міцністю.

Джерела інформації:

1. В.Я. Клейменов, Т.Н. Сазонова, В.М. Аржаков. Ковка и горячая штамповка титановых сплавов. М., ЦНИИТЭПлетпещемаш, 1971, 71с.

2. Ковка и штамповка цветных металлов. Справочник. М. «Машиностроение», 1971, 229с.

3. С.Г. Глазунов, С.Ф. Важенин, Г.Д. Зюков-Батырев, Я.Л. Ратнер. Титан в народном хозяйстве. Киев, «Техника», 1975, 200с.

4. Г.В. Покровский, И.И. Паптюшин. Листовая штамповка титановых сплавов. М., ЦНИИТЭПлетпещемаш, 1971, 63с. (прототип).