

УДК 621.438.002.2

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ ТИТАНОВИХ ЗАГОТОВОК РОБОЧИХ ЛОПАТОК КОМПРЕСОРА ВИДАВЛЮВАННЯМ НА ГІДРАВЛІЧНОМУ ПРЕСІ

Тітов В.А.¹, Бень А.М.²

1 – КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

2 – Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя, Україна

Анотація: Робочі лопатки компресора є одними із найбільш важливих і масових деталей в авіаційному машинобудуванні. Способи їхнього виготовлення досить різноманітні: фрезерування, волочіння, видавлювання, точне штампування, гаряче штампування, періодичне прокатування та ін. Перспективним і надійним методом отримання точних заготовок є метод видавлювання, так як він дозволяє отримувати заготовки з якісною структурою, оскільки в процесі деформації метал знаходиться в умовах всебічного стиснення. Таким чином, заготовка робочої лопатки компресора набуває рівнонапружених волокон, що повторюють її геометрію. При цьому значно підвищується якість деталей завдяки сприятливому поєднанню структури і механічних властивостей, а також знижується трудомісткість виготовлення.

Ключові слова: титанова заготовка; лопатка компресора; видавлювання; гідравлічний прес

Проведені раніше дослідження вказують, що підвищення температури нагрівання вихідних титанових заготовок перед видавлюванням погіршує умови роботи деформуючого інструменту, значно знижуючи його стійкість. Рекомендовано зниження температури видавлювання заготовок робочих лопаток компресора із титанових сплавів до 900°C, що покращує структуру та властивості виробу, а також забезпечує більш однорідний плин металу.

При цьому підвищується якість поверхні, але збільшується питоме зусилля пресування. В роботі проведено порівняльний аналіз процесу видавлювання заготовок робочих лопаток компресора із титанового сплаву на двох типах технологічного обладнання – гідравлічному та кривошипному пресах - за допомогою програми QForm. Моделювання виконується за фактичними розмірами лопатки та штампового оснащення.

В результаті розрахунків отримано дані щодо характеру розподілу температурного поля, середніх напружень та опору деформації (рис. 1). Аналіз отриманих даних показує, що при видавлюванні на

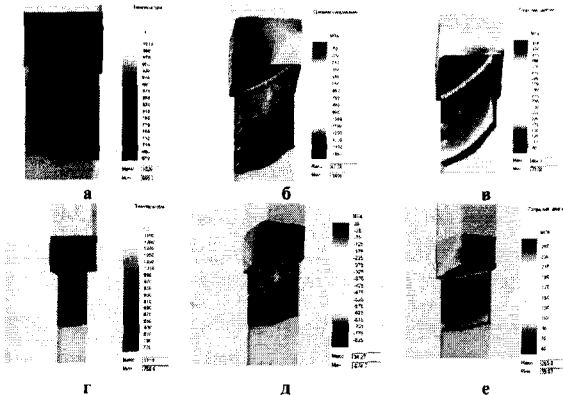


Рис.1. Характер деформування заготовки робочої лопатки компресора після її видавлювання на гідравлічному та кривошипному пресах: а, г - температурне поле при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно; б, д - середні напруження при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно; в, е - опір деформуванню при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно

гідравлічному пресі в порівнянні із кривошипним показники температури заготовки знижуються, що пояснюється довшим часом технологічного циклу.

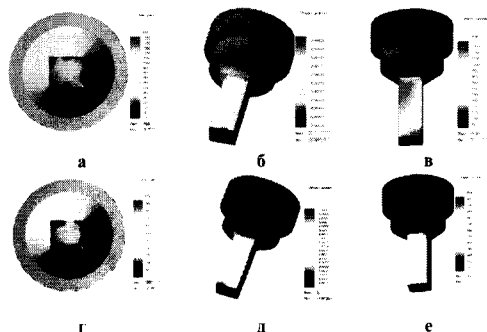


Рис. 2. Розподіл напружень на пуансоні при видавлюванні заготовки на гідравлічному та кривошипному пресі: а, г – контактний тиск при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно; б, д – об'ємна деформація при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно; в, е - еквівалентні напруження при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно

пресах. Із аналізу напружень на пуансоні та в матриці видно, що характер розподілу напружень при видавлюванні на різному обладнанні однаковий. Максимальні контактні напруження в порожнині матриці спостерігаються, так само, як і на пуансоні, в радіусах закруглень бічних ребер. Максимальна об'ємна деформація на пуансоні – у кутах бічних ребер. Еквівалентне напруження на пуансоні концентрується у критичній точці з'єднання консольної частини із основою. Еквівалентні напруження у порожнині матриці максимальні у бічних ребрах контейнеру в місцях радіусів заокруглення.

Таблиця 1

Зведені характеристики напружень на інструменті при видавлюванні на гідравлічному (ГП) та кривошипному (КП) пресах

		Контактний тиск, МПа		Об'ємна деформація		Еквівалентні напруження, МПа	
		ГП	КП	ГП	МП	ГП	МП
Пуансон	Max	1585	1000	0	0	1442	1189
	Min	-61,7	-42,69	-0,005335	-0,003894	0	0
Матриця	Max	1680	1076	0,006969	0,005773	1553	1366
	Min	0	0	-0,005549	-0,002874	0	0

Вищі значення характеристик напруження при видавлюванні на гідравлічному пресі пояснюються більшим часом контакту нагрітої заготовки із інструментом під час деформування, значним теплообміном між заготовкою та інструментом та зміною характеристик пластичності самої заготовки внаслідок її вистигання. Але окрім цього при видавлюванні на гідравлічному пресі з'являються напруження на зовнішній поверхні матриці, що не характерно при видавлюванні на механічному пресі.

Висновки. Проведені дослідження вказують, що процес видавлювання титанових заготовок робочих лопаток компресора на гідравлічному пресі дозволяє здійснювати деформування в умовах статичного навантаження, отримувати точні заготовки із високим КВМ, тоншими кромками та малим радіусом з'єднання пера із прес-залишком.

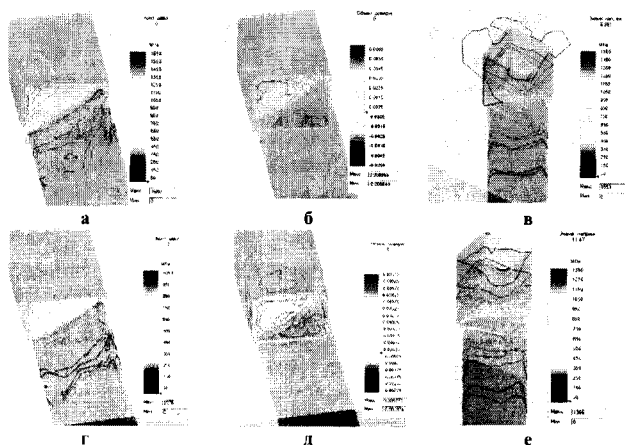


Рис. 3. Розподіл напружень в матриці при видавлюванні заготовки на гідравлічному та кривошипному пресі: а, г – контактний тиск при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно; б, д – об'ємна деформація при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно; в, е – еквівалентні напруження при видавлюванні на гідравлічному та кривошипному пресах відповідно

manufacture are diverse: milling, drawing, extrusion, precision stamping, hot stamping, periodic rolling, etc. A promising and reliable method for producing precise billets is the extrusion method, since it allows you to obtain billets with a high-quality structure, since in the process of deformation the metal is under conditions of comprehensive compression. Thus, the workpiece of the compressor blade acquires directional fibers, which repeat its geometry. This significantly improves the quality of parts due to the favorable combination of structure and mechanical properties, and also reduces the complexity of manufacturing.

Keywords: titanium billet; compressor blade; extrusion; hydraulic press

Анализ возможности получения титановых заготовок рабочих лопаток компрессора выдавливанием на гидравлическом прессе Титов В.А., Бень А.Н.

Аннотація. Рабочие лопатки компрессора являются одними из самых важных и распространенных деталей в авиационном машиностроении. Способы их изготовления разнообразны: фрезерование, волочения, выдавливания, точная штамповка, горячая штамповка, периодическое прокатки и др.

Перспективным и надежным методом получения точных заготовок является метод выдавливания, так как он позволяет получать заготовки с качественной структурой, поскольку в процессе деформации металл находится в условиях всестороннего сжатия. Таким образом, заготовка рабочей лопатки компрессора приобретает направленные волокна, которые повторяют ее геометрию. При этом значительно повышается качество деталей благодаря благоприятному сочетанию структуры и механических свойств, а также снижается трудоемкость изготовления.

Ключевые слова: титановая заготовка; лопатка компрессора; выдавливание; гидравлический пресс

Список литературы

1. Никольский, Л.А. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов [Текст] / Л.А. Никольский, С.З. Фиглин, В.В. Бойцов и др. – М.: Машиностроение. – 1975. – 285 с.
2. Титов В.А. Моделирование технологического процесса выдавливания заготовок компрессорных лопаток / В.А. Титов, А.М. Бень // Обработка материалов давлением – 2019. - № 1 (48). – С. 53-57.
3. Титов В.А. Вплив температури деформації на якість титанових робочих лопаток компрессора, отриманих видавлюванням / В.А. Титов, А.М. Бень // "Теоретичні та практичні проблеми в обробці матеріалів тиском і якості фахової освіти". Матеріали Х Міжнародної науково-технічної конференції (03 – 07 червня 2019 р.) – Київ – Херсон. – С. 151-153.

Однак, варто відзначити, що напруження на інструменті мають більші значення за аналогічні напруження при видавлюванні на кривошипному пресі, внаслідок чого можуть з'являтися руйнування інструменту у критичних перерізах.

Analysis of the possibility of obtaining titanium blanks of compressor blades by extrusion on a hydraulic press

Titov V.A., Ben A.M.

Abstract. Compressor blades are one of the most important and common parts in aeronautical engineering. The methods of their