

проаналізованих джерел стало відомо, що деякі матеріали (золото, срібло, титан) мають гібридну наноструктуру, що складається з міцної металевої основи і електроліту (в якості другого елементу). Для зміни вищевказаних властивостей потрібно впливати на виріб електричним струмом певного потенціалу, що дозволяє виробу ставати більш м'яким, після чого він знову стає твердим. Таким чином вже сьогодні можна передбачити появу системи ЗМ5-10011 без ПЕ і ПЗ.

#### Список посилань

1. Капустян В.М. Комбинаторные структуры данных для систем фактографического информирования: монография / В.М.Капустян, Ю.А.Махотенко. – М.: ПИО ЦНИИ «Электроника», 1976. – 67 с.
2. Кузнецов Ю.Н. Вызовы четвертой промышленной революции «ИНДУСТРИЯ 4.0» перед учеными Украины // Матеріали III Міжн. наук.-практ. конференції «СТПК-2017», вип. 3. – Херсон: ХНТУ, 2017. – с.21 – 24.
3. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ и станочные комплексы: Учебн. пособ.ч.2 /Ю.Н.Кузнецов.– К.:–Тернополь: ООО «ЗМОК»–ПП «ГНОЗИС»,2000.–343 с.
4. Кузнецов Ю.Н. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография / Ю.Н. Кузнецов, В.Н. Волошин, П.М. Неделчева, Ф.В. Эль-Дахаби; под ред. Ю.Н. Кузнецова. – Габрово: Университетское издательство «Васил Априлов», 2010.–724 с.
5. Хамуйела Ж.А. Герра. Генетико-морфологический синтез зажимных патронов: монография /Ж.А.Герра Хамуйела, Ю.Н.Кузнецов, Т.О.Хамуйела; под ред. Ю.Н.Кузнецова.–Луцк: Вэжа-Друк, 2017.–328с.
6. Шинкаренко В.Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем (Междисциплинарный аспект) /В.Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. Вип.13, том 4.– Мелітополь. 2013. – С.11 – 20.
7. Switchable imbibition in nanoporous gold, Yahui Xue, Jörg Weissmüller, Received 11 Apr 2014. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nature.com>

УДК 621.77.043

**Злочевська Н. К., канд. техн. наук, асистент**  
**Лаврінков А. Д., канд. техн. наук, асистент**  
**Вишневський П. С. старший викладач**  
**Щупіченко А. А., студент**  
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,  
[zlochevskaya.natali@gmail.com](mailto:zlochevskaya.natali@gmail.com)

### **ЗБІЛЬШЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАГОТОВОК ІЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ VT22 ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИГОТОВЛЕННЯ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА**

Ефективність використання наукоємної техніки машинобудування визначається її надійністю і економічністю в експлуатації.

Одним із напрямків вирішення цих проблем є підвищення механічних властивостей матеріалу деталей методом гвинтового уширюючого пресування [1]. Таке пресування створює великі деформації зсуву в осередку деформацій при зберіганні поперечного перерізу заготовки.

Найбільш поширеними методами обробки заготовок металів, що створюють великі деформації зсуву в осередку деформацій при зберіганні поперечного перерізу цієї заготовки, є рівноканальне кутове пресування (РКУ) [2,3], гвинтова екструзія [4], інші.

Метою роботи є отримання заготовки з підвищеними механічними властивостями для подальшого використання в виготовленні деталей ГТД.

Для оцінки впливу геометрії матриці та швидкості деформування на деформацію заготовки було проведено моделювання процесу методом скінченних елементів в програмі QForm. Моделювання деформації проводилось без урахування пружної складової та з урахуванням теплових процесів. Матеріал заготовки – сплав VT22 (система Ti-Al-Mo-V). Температура заготовки – 930 °С. Температура інструмента – 300 °С. Обладнання для деформування – гідравлічний прес та гвинтовий прес. Змащення – графіт + мінеральне мастило. Моделювання проводилось із двома заготовками для створення протитиску. Реологічна модель матеріалу враховує вплив деформації, швидкості деформації та температури. В результаті моделювання було встановлено, що при деформуванні на гідравлічному пресі відбувається значне охолодження заготовки, що призводить до збільшення зусилля деформування. Тому прийнято рішення проводити експеримент на гвинтовому пресі. Максимальні деформації зсуву були отримані на матриці для гвинтового уширяючого пресування, що забезпечує деформування за схемою «круг-еліпс-круг».

Експериментальне дослідження проводилось на гвинтовому фрикційному прес-молоті зусиллям P-160тс. В експерименті використана матриця для гвинтового уширяючого пресування, що забезпечує деформування за схемою «круг-еліпс-круг». Зразки виконані із титанового сплаву VT22. Розміри вихідної заготовки: діаметр 29,5 мм, висота 50мм.

Перед деформуванням здійснювали нагрівання заготовок. Заготовки нагрівали до температури 930°С, оснащення нагрівали газовою горілкою до 300 °С. Швидкість пресування складала 0,7–1,0 м/с.

Встановлено, що величина інтенсивності деформацій збільшується по мірі руху заготовки вздовж каналу матриці на 15-20%. В напрямку радіальної координати величина інтенсивності деформацій збільшується від центру до периферії. При цьому на периферії заготовки величина інтенсивності деформацій пропорційна довжині напівосей еліпсу. Накопичена деформація при використанні гвинтової уширяючої екструзії розподіляється по перерізу більш рівномірно, ніж при класичній рівно канальній гвинтовій екструзії. Показано, що максимальна величина середнього напруження при рівноканальному пресуванні відповідає осі заготовки (осі каналу матриці). Вздовж радіальної координати від центру до периферії середнє напруження декілька зменшується по величині.

Аналіз показує, що величина середнього напруження стиску при використанні редукування в 1,5-1,7 разів більше, в порівнянні без протитиску.

Розрахунковим шляхом також встановлено, що максимальна величина накопиченої інтенсивності деформації в периферійній зоні zdeформованої заготовки за один прохід складає 0,7-0,8. Така величина накопиченої інтенсивності деформацій складає 74-85 % від теоретичної (характеристики матриці) в периферійній зоні, що підтверджує наявність механізму проковзування при деформуванні. Для підвищення величини накопиченої деформації заготовку потрібно обробляють за декілька проходів.

Експериментально підтверджено, що збільшення накопиченої деформації зсуву викликає зростання величин мікротвердості. Величина накопиченої деформації збільшується повздовж радіальної координати від центру до краю заготовки, що співпадає з результатами розрахунку. Результати механічних дослідів на стискання показують, що після деформування характеристики міцності підвищуються, в середньому на 10-12%.

#### **Висновки**

1. Встановлено, що максимальна величина накопиченої інтенсивності деформації в периферійній зоні zdeформованої заготовки за один прохід складає 0,7-0,8.
2. Експериментально підтверджено, що збільшення накопиченої деформації зсуву викликає зростання величин мікротвердості.
3. Показано, що після деформування гвинтовим уширяючим пресуванням характеристики міцності підвищуються, в середньому на 10-12%.

**Список посилань**

1. Патент України на корисну модель 64346 UA, МПК В21С25/00 Матриця для зміцнення матеріалу при багаторазовому пресуванні /В.А. Тітов, М.С. Тривайло, Н.К. Злочевська, Е.В. Кондратюк, Г.І. Пейчев. – № u201102822; заявл. 10.03.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл.21.
2. Schuh C.A. The effect of solid solution W additions on the mechanical properties of nanocrystalline Ni / Schuh C.A., Nieh T.G., Iwasaki H. // Acta Materialia. – 2003. – v.51. – P.431 – 443.
3. Боткін А.В. Деформационные и силовые параметры процесса равноканального углового прессования длинномерной заготовки по схеме «Conform» / Боткін А.В., Валієв Р.З., Абрамов А.Н., Рааб А.Г. // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением – 2009. – № 11. – с. 8-14
4. Бейгельзімер Я.Е. Винтовое прессование: технологические аспекты / Я.Е. Бейгельзімер, Д.В. Орлов, С.Г. Синков, А.В.Решітов. // Физика и техника высоких давлений. – 2002.– Том №12, №4. – с. 40–46.

УДК 621.91

**Шахбазов Я. О., докт. техн. наук, професор**  
**Широков В. В., докт. техн. наук, професор**  
**Широков О. В., канд. техн. наук, докторант**  
**Паламар О. О., канд. техн. наук, доцент**

Українська академія друкарства, м. Львів, shah-nika@ukr.net

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШЛІФУВАЛЬНИХ КРУГІВ**

Технологічні можливості процесу шліфування дозволяють розглядати його як один з методів підвищення ефективності на чорнових та чистових операціях механічного обробки. Переваги процесу шліфування в забезпеченні високої розмірної точності, порядку 2 – 4 мкм, шорсткості обробленої поверхні  $Ra = 1,25 \dots 0,32$  мкм.

Для більшості шліфувальних кругів обмежуючою умовою часу їх роботи є розмірна стійкість, відновлення якої потребує періодичної примусової обробки їх робочої поверхні, тобто виконання операції правки робочої поверхні шліфувального круга.

Проведені дослідження [1 – 3] показують, що режим правки значно впливає на рельєф робочої поверхні шліфувального круга і, відповідно, на шорсткість обробленої поверхні і на результат процесу шліфування. Управління шорсткістю обробленої поверхні можна досягнути як режимами шліфування, так і зменшенням висоти та кроку нерівностей на робочій поверхні шліфувального круга в процесі правки та її статистичною характеристикою, тобто кількістю абразивних зерен.

Спрацювання абразивних кругів в процесі шліфування на чистових операціях не перевищує 0,02 мм. Статистична характеристика рельєфу робочої поверхні шліфувального круга буде залежатиме від товщини видаленого шару в процесі правки та розмірів контактуючих елементів, які визначають ступінь руйнування шліфувального круга. Для визначення кількості зруйнованих абразивних зерен, за рекомендацією роботи [2] прийнятий закон розподілу їх на робочій поверхні шліфувального круга. Якщо на одиниці робочої поверхні шліфувального круга розташовано  $Z_o$  зерен, то на відстані  $h$ , від вершин найбільш виступаючих зерен цієї поверхні будуть розташовані  $Z_h$ , тобто

$$Z_h = Z_o F(h) \quad (1)$$

де  $F(h)$  – функція розподілу вершин зерен при значеннях аргументу  $h$ .

Для таких умов побудований графік залежності функції розподілу  $F(h)$  зерен від співвідношення  $h/r_l$ , де  $r_l$  – середньостатистичний радіус абразивного зерна. Графік має поліноміальну характеристику з апроксимуючим рівнянням у вигляді: