

УДК 621.7: 621.9

**Федотьев А. М.
Шкель С. В.
Федотьева Л. П.**

МОЖЛИВІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДА РОТАЦІЙНОГО РІЗАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОБ'ЄМНИХ НАНОМАТЕРІАЛІВ

Приріст міцності сталей і сплавів за останні десятиліття досягнуто головним чином за рахунок легування та зміни фазового складу. В останні роки для вдосконалення механічних характеристик сталей та сплавів стали застосовувати й інші підходи, засновані на формуванні матеріалів мікро- та нанокристалічної структури (НС). Міцність наноструктурованих матеріалів (НМ) при розтягуванні істотно перевищує міцність крупнокристалічних аналогів і при цьому зберігається краще співвідношення між міцністю та пластичністю. У алюмінієвих сплавах з НС значно підвищується зносостійкість [1].

Області застосування функціональних наноматеріалів виключно різноманітні. Серед них можна виділити в першу чергу напрямки, що перераховані нижче.

Інженерія. Створення нанoeлектромеханічних пристроїв, молекулярних і нанодвигунів, систем позиціонування на нанорівні і наномашин. Розробка методів нанолітографії і молекулярного дизайну.

Електроніка. Розробка і конструювання польових транзисторів для ЕОМ, нанодіодів, діодів, випрямлячів та інших елементів електроніки на нанорівні. Молекулярна електроніка. Системи з високою щільністю запису інформації.

Каталіз. Розробка каталізаторів на основі НМ для селективного каталізу. Створення молекулярних сит і селективних адсорбентів.

Матеріалознавство. Створення "бездефектних" НМ – це спрямоване отримання з заданими функціональними властивостями, розробка методів самоорганізації НС. Малорозмірні НС.

Трибологія. Розробка і виготовлення перспективних пар тертя і мастильних матеріалів на основі НС і фулеренів. Дослідження кореляції структури наночастинок і сил тертя [2].

Для досягнення великих деформацій матеріалу використовують різні методи [3]:

- рівноканальне кутове пресування (ЕСАР);
- циклічна екструзія/ компресія;
- закручування під високим тиском (НРТ);
- всебічне кування;
- зварювання перемішуванням (FSP);
- з'єднання прокаткою (ARB);
- зворотна екструзія;
- примусове рифлення та випрямлення пресуванням (RCS);
- натискання на обмежене паз (CGP);
- стискання заготовки в циліндрі (CCC);
- зварювання перемішуванням у рідині (SFSP);
- гвинтова екструзія.

Сутність всіх цих методів полягає в багаторазовій інтенсивній пластичній деформації (ПД) зсуву оброблюваних матеріалів, яка може бути використана як для зменшення розміру зерен в монолітних грубозернистих заготовках, так і для компактування ультрадисперсних порошків.

Одним із перспективних методів отримання стрічок із субмікроструктурованих (СМК) і НМ є метод, який запропонував і присвятив декілька досліджень Раві Шанкар. У своїх роботах він сформулював ідею наноструктурування матеріалів методами стругання і точіння, провів моделювання та отримав деякі результати при струганні [4].

Але використання методу стругання дає змогу отримати стрічки із СМК-структурою обмеженої довжини, а сам процес стругання має певні обмеження стосовно реалізації широкого діапазону режимів обробки. Окрім того процес вільного прямокутного різання,

що реалізується при струганні, має певний вплив на приповерхневі шари стрічок, отриманих таким способом. Такий вплив пояснюється підвищеним тертям утвореної стрічки на поверхнях інструментального оснащення.

Для розширення можливостей використання процесів різання при створенні металевих стрічок із СМК-структурою нами запропонований метод ротаційного різання із невеликою поверхнею стружкоутворення (рис. 1). Відмінною особливістю ротаційного інструменту є обертання круглої ріжучої пластини під дією сил різання, це в разі знижує нагрів та інтенсивність зносу інструменту.

Метою даної роботи є встановлення можливості використання запропонованого методу ротаційного різання із невеликою поверхнею стружкоутворення (НПС) для отримання стрічок із СМК-структурою.

На першому етапі необхідно встановити такі параметри моделі, що будуть максимально відповідати потенційним даним натурних експериментів. Отже при дослідженнях буде спиратись на дані, отримані колективом авторів керованого Раві Шанкаром при дослідженні наноструктурування матеріалів методами стругання [4].

Для моделювання процесу НПС будемо використовувати прикладне програмне забезпечення (ППЗ) Deform 3D.

Загальний вигляд процесу наноструктурування (ПН) зображений на рис. 1.

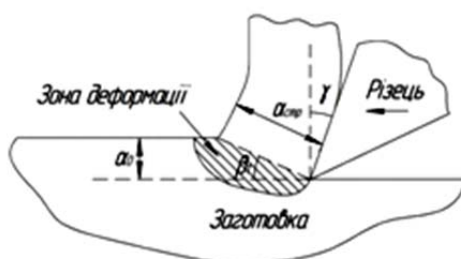


Рис. 1. Схематичне зображення ПН матеріалів [4]:

a_0 – товщина недеформованої стружки; $a_{сmp}$ – товщина деформованої стружки; γ – передній кут різця; β_1 – кут зсуву стружки

Раві Шанкар проводив досліди при таких режимах (табл. 1) [4] та вивів схематично зміну відношення товщини деформованої ($a_{сmp}$) і недеформованої (a_0) стружки (усадки) від зміни переднього кута різця (γ) [5].

Таблиця 1

Режими різання ПН

Характеристики матеріалу	Умови обробки	Ступінь деформації, δ	Умови відпускання*
Al 6061-T6 (в піку старіння)			
Твердість: 110 кг/мм ² Розмір зерна ~ 75 μ m	$V = 10$ мм/с, $a_0 = 150$ μ m Кут різця (γ): +20° до -40°	Див. рис. 2	175 °С протягом 1–15 год. 210 °С протягом 1–10 год
Al 6061-T6 (отриманий при відпусканні при 210 °С протягом 15 год.)			
Твердість: 95 кг/мм ² Розмір зерна ~ 75 μ m	$V = 10$ мм/с, $a_0 = 150$ μ m Кут різця (γ): +20° та -5°	$\gamma = +20^\circ \rightarrow \delta = 3,2$ $\gamma = -5^\circ \rightarrow \delta = 4$	175 °С протягом 1–15 год.
Al 6061-T6 (отриманий при відпусканні при 550 °С протягом 10 год.)			
Твердість: 72 кг/мм ² Розмір зерна ~ 30 μ m	$V = 10$ мм/с, $a_0 = 150$ μ m Кут різця (γ): +20° та -5°	$\gamma = +20^\circ \rightarrow \delta = 2,7$ $\gamma = -5^\circ \rightarrow \delta = 4$	175 °С протягом 1–21 год. 150 °С протягом 1–10 год.

*Відпускання проводилося на повітрі.

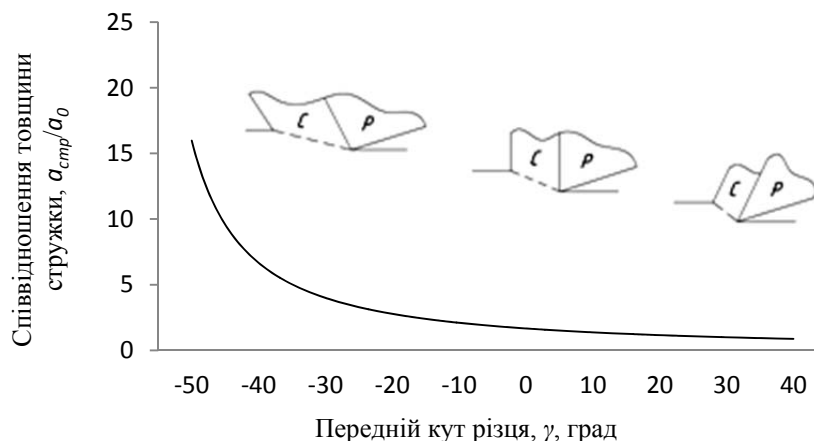


Рис. 2. Схематична зміна товщини деформованої (a_{cnp})/недеформованої (a_0) стружки як функція переднього кута різця (γ) [5] (С – стружка, Р – різець)

У програмі Deform 3D було проведено моделювання з наступними параметрами (табл. 2).

Таблиця 2

Параметри моделювання

Матеріал деталі	Aluminium 6061-T6
Тип моделі заготовки	пластична
Розмір сітки, елементів	128000
Коефіцієнт передачі тепла	50000
Коефіцієнт тертя алюмінію по сталі	0,4
Початкова температура заготовки, °C	20
Температура навколишнього середовища, T , °C	20
Швидкість різання, V , мм/с	10
Глибина різання, a_0 , мм	2
Передній кут різця, γ , град.	4

Під час моделювання процесу Раві Шанкар отримав графік залежності напруги зсуву від кута нахилу передньої кромки інструменту [4] (рис. 3).



Рис. 3. Графік залежності ступеня деформації від кута нахилу передньої кромки інструменту (виділене значення, отримане дослідженням, наведеним у даній роботі)

В результаті моделювання ми отримали дані (рис. 3, 4), наближені до тих, що отримали автори [4] і, отже, подальші дослідження за допомогою ППЗ Deform 3D будемо проводити при подібних налаштуваннях моделі.

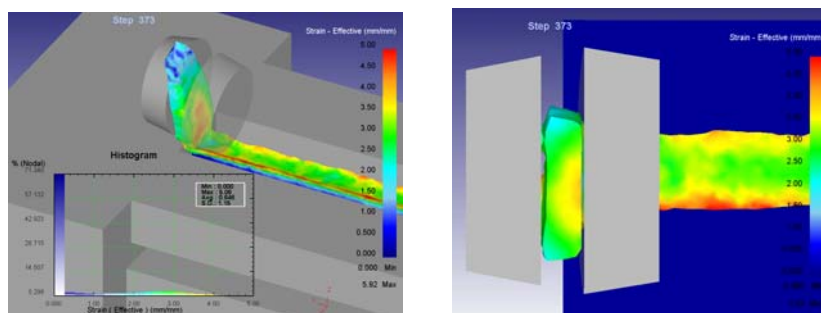


Рис. 4. Результати моделювання пластичного деформування в програмі Deform 3D

ВИСНОВКИ

Шляхом моделювання в пакеті Deform 3D V11 показана можливість виконання ротаційного різання із невільною поверхнею стружкоутворення (НПС) для отримання стрічок із СМК-структурою. В результаті моделювання отримали дані, що наближені до відомих результатів, отриманих при вільному прямокутному різанні. Отриманий результат дає серйозні сподівання на розширення можливостей використання процесів різання при створенні металевих стрічок із СМК-структурою за рахунок виконання ротаційного різання із невільною поверхнею стружкоутворення (НПС).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ковтун Г. П. *Наноматериалы: технологи и материаловедение : Обзор / Г. П. Ковтун, А. А. Веревкин.* – Харьков : ННЦ ХФТИ, 2010. – 73 с.
2. Лукашин А. В. *Применение функциональных наноматериалов. Методические материалы. Часть 1: МЭМС, НЭМС, наноэлектроника / А. В. Лукашин, А. А. Елисеев.* – Государственный Университет имени М. В. Ломоносова. – Москва, 2007.
3. Wahdat Ullah *Development of ultra-fine grained aluminium by severe plastic deformation A thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of master of technology in New materials and processing technology Department of applied physics Birla institute of technology Mesra-835215, Ranchi 2006.*
4. *Microstructure and stability of nanocrystalline aluminium 6061 created by large strain machining / M. R. Shankar, S. Chandrasekar, W. D. Compton, A. H. King // I Acta Materialia 53 (2005) 4781–4793.*
5. Cai J., Kulovits A., Shankar M. R. *Novel microstructures from severely deformed Al-Ti alloys created by chip formation in machining, (2008).*

REFERENCES

1. Kovtun G. P. *Nanomaterialy: tehnologi i materialovedenie : Obzor / G. P. Kovtun, A. A. Verevkin.* – Har'kov : NNC HFTE, 2010. – 73 s.
2. Lukashin A. V. *Primenenie funktsional'nyh nanomaterialov. Metodicheskie materialy. Chast' 1: MJeMS, NJeMS, nanojelektronika / A. V. Lukashin, A. A. Eliseev.* – Gosudarstvennyj Universitet imeni M. V. Lomonosova. – Moskva, 2007.
3. Wahdat Ullah *Development of ultra-fine grained aluminium by severe plastic deformation A thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the award of the degree of master of technology in New materials and processing technology Department of applied physics Birla institute of technology Mesra-835215, Ranchi 2006.*
4. *Microstructure and stability of nanocrystalline aluminium 6061 created by large strain machining / M. R. Shankar, S. Chandrasekar, W. D. Compton, A. H. King // I Acta Materialia 53 (2005) 4781–4793.*
5. Cai J., Kulovits A., Shankar M. R. *Novel microstructures from severely deformed Al-Ti alloys created by chip formation in machining, (2008).*

Федотьев А. М. – канд. техн. наук, доц., нач. від. інновацій Alumeta gr.;
 Шкель С. В. – інж.-дослід. від. інновацій Alumeta gr.;
 Федотьева Л. П. – канд. техн. наук, доц., інж.-дослід. ТОВ «Інструмент».

Alumeta gr., м. Бровари.
 ТОВ «Інструмент», м. Світловодськ.

E-mail: a.fed450@gmail.com; s.shkel@braz.com.ua; fedotievarisa@gmail.com