

МОДЕЛЮВАННЯ МЕТАЛЕВОГО ЛИСТОВОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОЇ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуто питання моделювання листових металевих матеріалів з урахуванням локалізації властивостей для процесів холодної пластичної деформації.

Ключові слова: локалізація властивостей, холодна пластична деформація, моделювання матеріалу

Вступ

В процесі холодного пластичного деформування металів і сплавів суттєвий вплив на можливість отримання придатних виробів мають усереднені та локальні властивості матеріалу. Дослідженнями [1] встановлено, що узагальнені характеристики матеріалу визначають лише усереднену можливість отримання виробу. Можливість отримання конкретного бездефектного виробу залежить від його локальних властивостей. При цьому, процеси холодної пластичної деформації на мікрорівні проявляють себе у вигляді пограничної та транскристалітної деформації та переміщень. В залежності від розмірів кристалів, їх будови, геометрії, взаємної орієнтації кристалографічних осей відбуваються процеси виникнення і накопичення мікропошкоджень. Зі збільшенням їх густини зростає ймовірність утворення макродефектів, руйнування, браку. З енергетичної точки зору, поява мікро- і макродефектів та пошкоджень – це робота, яка виконана накопиченою внутрішньою енергією матеріалу. Важливе значення має не тільки сумарна накопичена енергія, але й її перерозподіл в локальних об'ємах матеріалу.

Результати досліджень

Пластична деформація впливає на структуру матеріалу на різних масштабних рівнях, змінюючи розподіл та щільність дефектів, об'ємну долю та структуру вторинних фаз. Детально ці явища розглянуті в роботах [2].

При розгляді процесу деформації полікристалічних тіл необхідно приймати до уваги:

- а) неоднакову орієнтацію окремих кристалів;
- б) відмінні пружні і пластичні властивості кристалів, якщо мова йде про різні фази;
- в) наявність поверхонь поділу зерен як перешкод для руху дислокацій.

Більшість сучасних дослідників вказує на те, що необхідно виділити поверхні поділу зерен не тільки як фактор, який пов'язаний розмірами зерен та їх розорієнтацією, але і як окремий структурний елемент [3]. Це обумовлено суттєвою неоднорідністю напружено-деформованого стану в зв'язку із присутністю поверхонь поділу [4]. Пластична деформація є результатом незворотного переміщення дефектів ґратки, головним чином, дислокацій. При дії навантаження відбувається гетерогенне зародження дислокацій на зовнішніх і внутрішніх поверхнях поділу (поверхні матеріалу, поверхнях зерен і фаз) [5]. Поля напружень, які виникають, накладаються на зовнішні, це може приводити до того, що і в сусідніх зернах буде досягнуте напруження, яке активує переміщення дислокацій. Пластична деформація передається в сусідні об'єми (кристаліти, що стикаються). Процес утруднюється, коли розмір зерна зменшується і зменшується кількість дислокацій, які скупчуються на поверхнях поділу зерен, зменшуються поля напружень, а, головним чином, збільшується набір розорієнтувань зерен, що сумарно робить поверхні поділу більш ефективними перешкодами [6]. Таким чином, для металевих матеріалів доцільно розглядати зони з структурою або властивостями, що відрізняються. При цьому такі зони формуються з елементів, що мають постійні геометричні розміри (рисунок 1). Кожна така зона, в свою чергу може формуватись з елементів з такими ж властивостями і пропорційно розмірам зберігаючи принцип фрактальності.

Зона 1	Зона 2	Зона 1	Зона 4
Зона 4	Зона 3	Зона 2	Зона 1
Зона 2	Зона 4	Зона 1	Зона 4

Рисунок 1 – Випадковий розподіл зон з різними властивостями

В результаті такого підходу, на основі відомих властивостей окремих зон, можна змодельовати локальні зони з випадковими характеристиками, що відповідають гомогенному реальному матеріалу. Для досягнення такого ефекту необхідно володіти інформацією про взаємодію таких зон, їх кількість та реакцію на зовнішні впливи певного виду.

Кількість видів локальних зон доцільно приймати рівною кількості структурних складових, що входять до складу матеріалу. При цьому для кожної структурної складової потрібно володіти інформацією про криву текучості, поверхню граничних деформацій та інші фізико-механічні характеристики, що ускладнює розрахунки. Як альтернативний варіант для призначення властивостей локальних зон, необхідних для розрахунків, можна скористатись довідниковими даними призначивши властивості зон на основі залежності:

$$T_i = T_{i-1} + \frac{\Delta T}{n}, \quad (1)$$

де T_i – характеристика i -ої зони; T_{i-1} – характеристика $(i-1)$ -ої зони; n – кількість зон; $\Delta T = T_{max} - T_{min}$ – розкид характеристик; $T_1 = T_{min} + \frac{\Delta T}{2n}$.

Альтернативний варіант більш простий у використанні, проте не забезпечує прив'язку до характеристик структурних складових. Розсіювання значень реальних характеристик металів і сплавів може становити до 30% [7], що свідчить про різноманітні комбінації локальних властивостей одного і того ж матеріалу під час випробувань.

Висновки

1. Моделювання металевих матеріалів для процесів обробки металів тиском доцільно проводити на основі випадкового розбиття матеріалу заготовки на зони.
2. Характеристики зон визначають на основі запропонованих залежностей (1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савуляк В. В. Оцінка розсіювання значення використаного ресурсу пластичності для процесів обробки тиском листових матеріалів / В. В. Савуляк, В. Г. Писаренко, Р. О. Мордач, М. О. Мордач // Наукові нотатки. - 2016. - Вип. 54. - С. 268-272. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2016_54_50.
2. Панин В.Е. Системный подход к описанию деформируемого твердого тела / В.Е. Панин // Поверхностные слои и внутренние границы раздела в гетерогенных материалах / Под ред. В.Е. Панина – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – С. 11-31.
3. Кузін О.А. Керування властивостями поверхонь конструкційних сталей і сплавів спрямованим впливом на складові їх структури: дис. ... доктора техн. наук : 05.03.06 / Кузін Олег Анатолійович. – К., 2021. – 493 с.
4. Чувельдеев В.Н. Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения / В.Н. Чувельдеев. – М.: Физмат, 2004 – 304 с.
5. Gross D. Constructing microstructures of poly- and nanocrystalline materials for numerical modeling and simulation / D. Gross, M. Li // Appl. Phys. Letters. – 2002. – V.80 – P. 746-748.
6. Козлов Э.В. Барьерное торможение дислокаций. Проблема Холла-Петча / Э.В. Козлов, А.Н. Жданов, Н.А. Конева // Физическая мезомеханика. – 2006. – Т.9. – № 3. – С. 81-92.
7. Савуляк, В., Василюк, В., Салін, Д., Гіньковський, Я., Вороніна, А. / Підвищення якості виготовлення холодною пластичною деформацією на прикладі вісесиметричної деталі "Втулка"// в *НТКП ВНТУ* (2021). *Факультет машинобудування та транспорту*.

Савуляк Віктор Валерійович – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vvsav81@gmail.com;

SIMULATION OF METAL SHEET MATERIAL FOR RESEARCH OF COLD PRESSURE PROCESSING

Abstract

The paper considers the modeling of sheet metal materials taking into account the localization of properties for the processes of cold plastic deformation.

Keywords: *localization of properties, cold plastic deformation, material modeling*

Savulyak Viktor – Ph.D., Associated Professor, Vinnytsia National Technical University, E-mail: vvsav81@gmail.com.