

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Дунайський університет Кремс
Донбаська державна машинобудівна академія
Західночеський університет
Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України
Люблінський технічний університет
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний Центр зі співробітництва з ЄС у сфері науки та технологій
Політехнічний університет Мадриду
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
Яський технічний університет

I Міжнародна
науково-технічна конференція

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ
МАШИНОБУДУВАННЯ
ТА ТРАНСПОРТУ**



Україна, Вінниця, ВНТУ
Травень 13-15,
2019



**Збірник тез доповідей
I -ї Міжнародної науково-технічної конференції
“Перспективи розвитку машинобудування
та транспорту – 2019”**

13-15 травня 2019 р.

**Abstracts of papers presented at
I-th International scientific and technical
conference “Prospects for the development of
mechanical engineering and transport – 2019”**

13-15 may 2019

Вінниця – 2019 – Vinnytsia

15	Александр Ротштейн (Иерусалимский политехнический институт, Иерусалим, Израиль). НЕЧЕТКАЯ КОГНИТИВНАЯ КАРТА – АЛЬТЕРНАТИВА ДЕРЕВУ ОТКАЗОВ ПРИ АНАЛИЗЕ РИСКОВ.....	99
16	Віктор Савуляк (Вінницький національний технічний університет). ОЦІНКА ЯКОСТІ ВИРОБУ, ЩО ОТРИМУЄТЬСЯ МЕТОДАМИ ХОЛОДНОЇ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ.....	100
17	Роман Сивак (Вінницький національний аграрний університет). ЗМІЩЕННЯ МЕТАЛІВ ПРИ НЕМОНОТОННОМУ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ.....	103
18	Сергій Сухоруков, Максим Дацюк (Вінницький національний технічний університет). ВТРАТА СТІЙКІСТІ ФОРМОЗМІНИ ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК ПРИ НЕМОНОТОННОМУ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ.....	105
19	В'ячеслав Тітов (Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"). ОСОБЛИВОСТІ ПЛАСТИЧНОГО ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ЕВТЕКТИЧНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ СИСТЕМИ Ti-TiB ₂	107
20	В'ячеслав Тітов (Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"), Світлана Полюдова (Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України), Андрій Тітов, Артем Богуславський (Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського"). ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ПРУТКІВ З МІКРОВОЛОКОН АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ Al-Mg.....	108
21	Чайка Дмитро (ФОП Чайка Дмитро Сергійович). ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМОВНОСТІ МЕТАЛА У ПОЗАКОНТАКТНИХ ЗОНАХ ПРИ ГАРЯЧОМУ ВАЛЬЦЮВАННІ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК З АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ В ОВАЛЬНИХ КАЛІБРАХ.....	109
22	Валерій Чизиринський (ЧАО «КрКЗ», г. Кременчук), Елена Науменко (Національний технічний університет «Днепровская политехника»). ОСОБЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ПЛОСКИХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ.....	111
23	Віталій Чухліб (Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»), Аріф Намозгу, Вячеслав Мішалов, Олександр Філіппі, Юрій Зубко, Євгеній Пиндич (ТОВ «Дніпропрес Сталь», м Дніпро). РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ПРОЦЕСІВ КУВАННЯ В УМОВАХ ТОВ «ДНІПРОПРЕС СТАЛЬ»..	112
24	Михайло Штерн, Олександр Майданюк, Олег Михайлов (Інститут Проблем Матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України). ПРО ДИНАМІЧНУ РЕАКЦІЮ РІЗНООПРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	114

Секція 3. ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ ШТУЧНИХ ІМПЛАНТІВ В МЕХАНІЧНІЙ БІОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ В КОНЦЕПЦІЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ BIOART

1	Yurii Bezsmertnyi, Viktor Shevchuk (Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of National Pirogov Memorial Medical University). ABILITY TO USE 3D-MODELING IN THE INITIAL ASSEMBLY AND REVISIONAL HIP REPLACEMENT OF THE HIP JOINT.....	117
2	Yurii Bezsmertnyi, Viktor Shevchuk (Scientific Research Institute of Invalid Rehabilitation on the base of National Pirogov Memorial Medical University). APPLICATION OF MODERN MATERIALS AND METHODS IN THE PRODUCTION OF ENDOPROSTHESES IN TRAUMATOLOGY AND ORTHOPEDICS.....	118
3	David Luengo (Technical University of Madrid (Spain)), Oleksandr Hrushko (Vinnitsya National Technical University). BIOART: EDUCATION FOR SMART ARTIFICIAL IMPLANTS.....	120
4	Oleksandr Tarasov, Pavlo Sahaida, Sergey Podlesny, Liudmyla Vasylieva (Donbass State Engineering Academy). ONTOLOGICAL MODELING OF STUDENTS' IT COMPETENCIES IN BIOENGINEERING.....	122

ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛІВ ПРИ НЕМОНОТОННОМУ ПЛАСТИЧНОМУ ДЕФОРМУВАННІ

HARDENING OF METALS WITH NON-MONOTONIC PLASTIC DEFORMATION

Роман Сивак

Вінницький національний аграрний університет

To assess the degree of hardening during non-monotonic plastic deformation, it is proposed to use a model of an anisotropically hardening body, which allows to take into account the influence of the Bauschinger effect and the hereditary influence of the loading history on the magnitude of the components of the stress deviator during non-monotonic plastic deformation.

Зміна напрямку деформування та зростання гідростатичного тиску сприяє заліковуванню дефектів або сповільнюють їх утворення і розвиток [1]. Немонотонна пластична деформація формує однорідну мікроструктуру матеріалу. Механічні властивості металів при немонотонній пластичній деформації можуть значно відрізнитися від властивостей металів при монотонному деформуванні. При холодному монотонному пластичному деформуванні матеріал в тій чи іншій мірі зміцнюється, а при немонотонному деформуванні спостерігається ефект підвищення пластичності металу паралельно із явищем знеміцнення [2-4]. Більшість технологічних процесів обробки металів тиском включають в себе немонотонний характер деформування з проміжними розвантаженнями, при яких відбувається зміна механічних властивостей оброблюваних металів. Тому з'являється необхідність у дослідженні впливу схеми немонотонного пластичного деформування на зміну механічних властивостей металів.

Високі експлуатаційні характеристики елементів конструкцій і деталей машин визначаються їх несучою здатністю, яка в основному залежить від властивостей міцності металу. Всі метали при пластичному деформуванні в тій чи іншій мірі зміцнюються. Основною характеристикою властивостей міцності металу є величина границі текучості, яку можна підвищити за рахунок пластичного деформування. При випробуванні циліндричних зразків на одноосний розтяг пластичні деформації в зразкові виникають при досягненні напружень величини границі текучості. Якщо напруження будуть перевищувати границю текучості, то матеріал буде деформуватись пружно-пластично і при повторному навантаженні (після повного розвантаження) напруження, що розмежує пружне розвантаження і навантаження, буде більше початкової границі текучості, тобто в результаті пластичного деформування метал зміцнився.

Результати експериментальних досліджень показують, що в наслідок ефекту Баушингера [5] при стиску попередньо розтягнутого зразка границя текучості по абсолютній величині менша чим при розтягу цього ж зразка. Це пояснюється властивостями анізотропії, що набувають метали при пластичному деформуванні. Ефект Баушингера є наслідком набутої за рахунок пластичної деформації анізотропії механічних властивостей, тобто механічні характеристики початково ізотропних металів починають залежати від напрямку деформування. Тому необхідно створити такі умови навантаження заготовки щоб вона стала зміцненою до певного ступеню. Такі умови можна створити використовуючи модель анізотропно зміцнюваного тіла Бакхауза-Деля [6].

В моделі Бакхауза-Деля крім кривої течії додатково використовується функція, що враховує спадковий вплив історії навантаження на поточний стан металу при його пластичному деформуванні, і функція, що характеризує ефект Баушингера.

Функцію, що враховує спадковий вплив історії навантаження, належить розглядати як характеристику металу, яка відображає його властивість пам'ятати попередню історію навантаження. Ця функція визначається по експериментальним даним. Спадкова функція

визначається по результатам випробувань циліндричних зразків на розтяг з подальшим стиском або навпаки [7] за допомогою рівняння

$$\varphi(e_u - e_u^0) = \frac{\sigma_p(e_u) - \sigma_c(e_u)}{(1 - \beta(e_u^0))\sigma_p(e_u^0)}$$

Для визначення цієї функції потрібно мати діаграму монотонного розтягу і діаграму стиску зразка попередньо розтягнутого до накопиченої деформації, яка дорівнює накопичені деформації, при досягненні якої відбувається зміна напрямку шляху навантаження.

Відношення умовної границі текучості на стиск після розтягу зразка до напруження розтягу при одному і тому ж значенні накопиченої деформації, або параметр Баушингера $\beta(e_u)$ визначається по методиці Д. В. Хвана [8]. Для цього використовуються стандартні зразки, які на першому етапі піддаються розтягу до певних залишкових деформацій, а потім із деформованих зразків вирізають короткі циліндричні зразки, які осаджують та будують відповідні діаграми $\sigma_p(e_u)$ і $\sigma_c(e_u)$. Параметр β , який характеризує ефект Баушингера, визначається за формулою

$$\beta = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_u(e_u^0)}$$

При цьому необхідно відмітити, що умовна границя текучості $\sigma_{0,2}$, яка входить в цю формулу, в залежності від напрямку деформування зміцненої заготовки може суттєво змінюватись в сторону зменшення. Найменше значення $\sigma_{0,2}$ приймає в результаті прояву ефекту Баушингера при зміні знаку деформації на протилежний.

Таким чином як показали результати експериментальних досліджень [8] модель Бакхауза-Деля досить точно описує процеси немонотонного пластичного деформування заготовок і тому цю модель можна використати для створення співвідношень, що дозволять оцінити ефект зміцнення при немонотонному навантаженні. Використовуючи модель анізотропно зміцнюваного тіла Бакхауза-Деля компоненти девіатора напружень можна розрахувати за допомогою рівняння

$$S_{ij} = \frac{2}{3} \sigma_u(e_u) \frac{\dot{e}_{ij}}{\dot{e}_u} - \frac{1}{3} \int_0^{e_u} (1 - \beta(e_u^*)) \sigma_u(e_u^*) \varphi(e_u^* - e_u^0) \frac{d^2 e_{ij}(e_u^*)}{de_u^2} de_u^*$$

Застосування цього підходу до розрахунку компонент тензора напружень дозволить оцінити ефект зміцнення при немонотонному пластичному деформуванні.

Література

1. Колмогоров В. Л. Зависимость пластичности сталей от гидростатического давления / В. Л. Колмогоров, В. Ф. Шимшицев // Физика металлов и металловедение. – 1966. – Т. 21, № 6. – С. 910–912
2. Золотаревский В. С. Механические свойства металлов / В. С. Золотаревський - М.: МИСИС, 1998. - 400 с.
3. Богатов, А. А. Ресурс пластичности металлов при обработке давлением / А. А. Богатов, О. И. Мижирицкий, С. В. Смирнов. – М.: Металлургия, 1984. – 144 с.
4. Огородников, В. А. Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) / В. А. Огородников, В. Б. Киселёв, И. О. Сивак. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 204 с.
5. Малинин, Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести / Н. Н. Малинин - М.: Машиностроение, 1975. - 400 с.
6. Бакхауз, Г. Анизотропия упрочнения. Теория в сопоставлении с экспериментом / Г. Бакхауз // Известия АН СССР. Механика твердого тела. № 6, 1976.-С. 120- 129.
7. Хван, Д. В. Повышение эффективности в обработке металлов давлением / Д. В. Хван - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1995. - 224 с.
8. Хван, Д. В. Экспериментальная механика конечных деформаций / Д. В. Хван, Ф. Х. Томилов, В. И. Корольков. – Воронеж: Изд-во «ЭЛИСТ», 1996. – 248 с.