

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
ДП «УкрНТЦ «ЕНЕРГОСТАЛЬ»  
ДП «Орган з сертифікації УкрНДІМет-СЕРТ»  
Донецька державна металургійна академія  
АТ «Фінпрофіль»  
ТОВ «Іпріс-Профіль»  
Університет ім. Отто-фон-Геріке  
ТОВ «ДНЕПРОПРЕСС СТАЛЬ»  
Корпорація MACRING GROUP



## МАТЕРІАЛИ

*X Міжнародної науково-технічної конференції*  
**«РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ  
ПРОЦЕСІВ І ОБЛАДНАННЯ ОБРОБКИ ТИСКОМ  
У МАШИНОБУДУВАННІ ТА МЕТАЛУРГІЇ»**

21–23 листопада 2018 р.

Харків – 2018

|  |    |
|--|----|
| <b>Обдул В. Д., Широкобоков В. В., Матюхин А. Ю.</b><br>Диференційоване притискування фланцю заготовки під час витягування.....  | 72 |
| <b>Овчаренко В. И., Королянчук Д. Г.</b><br>Получение блестящих электрохимических серебряных покрытий.....   | 73 |
| <b>Огинский И. К., Таратута К. В., Востоцкий С. Н.</b><br>Конструктивные и эксплуатационные особенности<br>бандажированных прокатных валков.....   | 74 |
| <b>Огородніков В. А., Сивак Р. І.</b><br>Особливості оцінки пластичності металів і механіки<br>немонотонного пластичного деформування.....   | 76 |
| <b>Пахомов С. Н., Мостипан С. Е.</b><br>Сварка металлов взрывом в государственном предприятии<br>«Конструкторское бюро «ЮЖНОЕ» имени М. К. Янгеля».....  | 78 |
| <b>Пермяков О. А., Ключко О. О., Гасанов М. І., Шаповалов В. Ф.</b><br>Забезпечення якості поверхневого шару зубів відновлюваних<br>крупномодульних зубчастих коліс поверхневим пластичним деформуванням.. | 80 |
| <b>Пройдак Ю. С., Гринкевич В. А.</b><br>Об учете контактного трения в крайевых пластических задачах.....  | 82 |
| <b>Середа Б. П., Белоконь Ю. О., Кругляк І. В., Середа Д. Б.</b><br>Моделювання процесів формування пористості $\gamma$ -TiAl сплавів<br>при термохімічному пресуванні.....                                | 83 |
| <b>Середа Б. П., Кругляк І. В., Гайдаенко А. С.</b><br>Получение инновационных алитированных покрытий на конструкционных<br>материалах, работающих в условиях коксохимического производства.....           | 84 |
| <b>Середа Б. П., Кругляк І. В., Кругляк Д. О.</b><br>Инновационная технология получения хромированных диффузионных<br>покрытий с использованием композиционных насыщающих сред.....                        | 86 |
| <b>Середа Б. П., Муковская Д. Я.</b><br>Увеличение продуктивности самосвалов в условиях карьера<br>металлургического предприятия.....  | 88 |
| <b>Середа Б. П., Палехова И. В.</b><br>Упрочнение конструкционных материалов<br>титанохромированными СВС-покрытиями.....   | 89 |
| <b>Сиккульский В. Т., Сиккульский С. В., Кащеева В. Ю.</b><br>Моделирование процесса косоого изгиба монолитной панели<br>с помощью ANSYS.....  | 91 |
| <b>Смолин Ю. А., Абрамян А., Кость Д., Слипец Е.</b><br>Отличительные характеристики надежности восстанавливаемых систем.....  | 93 |

## ОСОБЛИВОСТІ ОЦІНКИ ПЛАСТИЧНОСТІ МЕТАЛІВ І МЕХАНІКИ НЕМОНОТОННОГО ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ

**ОГОРОДНІКОВ В. А.**, зав. каф. «Опір матеріалів та прикладна механіка», д.т.н., проф., Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна

**СИВАК Р. І.**, доцент кафедри «Загальнотехнічні дисципліни та охорона праці», к.т.н., доц., Вінницький національний аграрний університет, Вінниця, Україна

Основною задачею механіки деформованого твердого тіла за межами пружності є визначення напружено-деформованого стану деформованого суцільного середовища з метою оцінки енергосилових параметрів процесу деформування, технологічної спадковості та оцінки здатності матеріалу заготовок до незворотного пластичного формозмінення в задачах обробки металів тиском.

Цей напрямок в теорії пластичності інтенсивно розвивався в Україні і за її межами та був направлений, головним чином, на інтегральну оцінку енергосилових параметрів процесів. Світова тенденція розвитку конкурентноздатної продукції машинобудування привела до появи процесів обробки металів тиском, що супроводжуються немонотонним навантаженням металу, при якому питання здатності його до пластичного формозмінення стає надзвичайно складним.

Такі процеси, як процеси комбінованого видавлювання, що супроводжуються немонотонним деформуванням, не можуть бути ефективно реалізовані без науковообґрунтованих параметрів процесу, які забезпечують якість виробів.

Прогнозування механічних властивостей деформованого металу і рівень його пошкодженості можуть бути визначені тільки на основі достовірної інформації про напружено-деформований стан та відому історію розвитку процесу пластичної деформації в будь-якій точці осередку деформації.

Тому метою дослідження є розробка нових більш точних фізичних рівнянь і підвищення, на цій основі, достовірності розрахунків напружено-деформованого стану та оцінки деформованості заготовок в процесах немонотонного навантаження в умовах об'ємного напруженого стану.

На основі теоретичних надбань стосовно оцінки пластичності металу при немонотонному пластичному деформуванні розроблений розрахунковий апарат, який дозволяє виконувати розрахунки компонент девіатора напружень з урахуванням ефекту Баушингера і спадкового впливу історії навантаження на основі моделі анізотропно зміцнюваного тіла Бакхауза-Деля [1, 2, 3].

Для оцінки використаного ресурсу пластичності, що дозволяє прогнозувати граничне формозмінення заготовок в процесах, що супроводжуються немонотонним пластичним деформуванням, пропонується в

якості компонент направляючого тензора прирощень деформацій використати компоненти направляючого тензора прирощень деформацій виражені через параметр Надаї-Лоде і тим самим опосередковано врахувати вплив третього інваріанта тензора напружень на пластичність [4].

Модель процесів, що характеризуються немонотонним деформуванням, основана на моделі Бакхауза-Деля дозволяє достовірно оцінити компоненти девіатора напружень в умовах складного навантаження. Однак, при зламі траєкторій деформацій залишається неясним вплив кривизни траєкторій деформацій на величину компонент девіатора напружень. У зв'язку з цим, пропонується використовувати підхід О. А. Ільюшина, в якому досліджувався вплив відхилення вектору напружень від вектору деформацій на модуль вектора напружень. Використовуючи цей підхід феноменологічним шляхом знайдені коефіцієнти функціоналів, які дозволять отримати розрахункову формулу для визначення компонент девіатора напружень у випадках складного навантаження по різним кривизнам траєкторій деформацій, що охоплюють практично всі задачі обробки металів тиском [5].

На основі експериментальних і теоретичних досліджень холодного комбінованого радіального видавлювання заготовки з фланцем встановлені області з вичерпанням ресурсу пластичності. При розрахунку використаного ресурсу пластичності напружений стан визначено з урахуванням впливу ефекту Баушингера і спадкового впливу історії навантаження. Компоненти тензора швидкостей деформацій визначені по спотворенню ділильної сітки з використанням змішаних лагранжевих і ейлерових координат [6].

Таким чином запропонований розрахунковий апарат є більш досконалим для розрахунків напружено-деформованого стану та оцінки деформовності заготовок при холодному об'ємному штампуванні, оскільки враховує основні особливості процесів, що супроводжуються немонотонним пластичним деформуванням.

#### Список літератури

1. Backhaus, G. Zur analytischen Darstellung des Materialverhaltens im plastischen Bereich / G. Backhaus // ZAMM. - 1971. - №51. - P. 471 - 477.
2. Огородников, В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / В. А. Огородников. - Киев: Выща школа, 1983. - 175 с.
3. Sivak R. Evaluation of metal plasticity and research of the mechanics of pressure treatment processes under complex loading / R. Sivak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 6/7 (90). – 2017. – p. 34-41.
4. Сивак Р. И. Условие разрушения металлов при немонотонном деформировании / Р. И. Сивак // Металлургическая и горнорудная промышленность. - №7. – 2011. – с. 49-52.
5. Сивак І. О. Визначення компонент тензора напружень з урахуванням ефектів запізнення / І. О. Сивак, М. В. Бабак, Р. І. Сивак, Г. О. Лебедева // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в машинобудуванні і металургії. Тематичний збірник наукових праць. – Краматорськ, 2001. – с. 151-154.
6. Сивак Р. І. Визначення компонент тензора напружень при немонотонній пластичній деформації / Р. І. Сивак, В. А. Огородніков, І. О. Сивак // Вісник машинобудування та транспорту. - №1. – 2015. – с. 111-119.