

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

## МАТЕРІАЛИ

*XI Міжнародної науково-технічної конференції  
«РЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ  
ПРОЦЕСІВ І ОБЛАДНАННЯ ОБРОБКИ ТИСКОМ  
У МАШИНОБУДУВАННІ ТА МЕТАЛУРГІЇ»,  
присвяченої 90-річчю заснування кафедри обробки металів тиском*

20–22 листопада 2019 р.

Харків – 2019

<b>САВЧЕНКО М.Ф., КОБЗИН В.Г., КНЯЗЄВ М.К.</b>	137
Використання імпульсних навантажень для проведення ремонту обсадних колон	
<b>САВЧЕНКО Ю.В.</b>	139
Управління подрібненням твердосплавного інструменту	
<b>САМОЙЛОВ Я.О., КУЗЬМЕНКО В.І.</b>	141
Розробка технології проце су безоблойної штамповки деталей пневмогідроарматури	
<b>САПОН С.П.</b>	143
Сучасні особливості, вимоги та тенденції в підготовці інженерів нового покоління машинобудівного спрямування	
<b>СЕРГЕЕВ А.С.</b>	144
Высокоэффективная технология внутреннего шлифования отверстий в пневмо- и гидроцилиндрах	
<b>СИБИРЬ А.В., ГУБИНСКИЙ М.В., ГАРМАШЕВ Д.Ю., ДОНЕЦ Д.А.</b>	146
Повышение стойкости прошивных оправок путем моделирования термонапряженного состояния и гидродинамики охлаждающей воды	
<b>СИВАК Р.І.</b>	148
Підходи до моделювання процесів пластичної деформації при складному навантаженні	
<b>СИКУЛЬСКИЙ В.Т.</b>	150
Исследование локальной правки и доводки формы ребристых панелей раскаткой	
<b>СКРЕБЦОВ А.А., СКРЕБЦОВ О.А., ОМЕЛЬЧЕНКО О.С., ШАЛЕВА Н.В.</b>	152
Інноваційна конкурентноспроможна схема отримання сировини для адитивних порошків	
<b>СМІЛЯНСЬКИЙ О.І., ЮРЧЕНКО О.А.</b>	153
Оптимізація технології виготовлення деталі "ковпак"	
<b>СМИРНОВ Е.Н., БОГАДЕВИЧ Д.И., СКЛЯР В.А.</b>	154
Применимость критериев оценки разрушения металла в процессах оmd к технологии обжатия кристаллизующейся непрерывнолитой заготовки	
<b>СОЛНЦЕВ В.П., ВАСИЛЬКОВСКАЯ М.А., НАЗАРЕННКО В.А., СОЛНЦЕВА Т.А.</b>	156
Новая технология получения и особенности прокатки дисперсноупрочненных никелевых сплавов	
<b>СОСНОВСКИЙ Л.А., МАМОНОВА А.А., МОЛЧАНОВСКАЯ Г.М., МАКСИМОВА Г.А., ВЛАСОВА О.В.</b>	158
Горячая ковка спеченых порошковых брикетов	
<b>СОТНИКОВ В.Д., ТРЕТЯК В. В., САВЧЕНКО М.Ф.</b>	160
Особливості штампування деталей з рідкого металу імпульсними методами оброблення	
<b>STEBLYUK V.I., KHOLAVIK O.V., BORYS R.S., SKOTAR R.O.</b>	162
Modeling the process of the expansion of pipe from difficulty deformable steels	
<b>СУББОТІНА В.В., БІЛОЗЕРОВ В.В., СОБОЛЬ О.В., ШНАЙДЕР В.В.</b>	164
Дослідження фазового складу та властивостей мдо-покриттів на алюмінії легованого цинком	
<b>СУЧКОВ Г.М., ПЛЕСНЕЦОВ С.Ю.</b>	165
Исследование фактического уровня качества гнутых профилей, производимых на предприятиях украины	
<b>ТАРАНЕНКО М.Е.</b>	167
Современное использование электрогидравлического эффекта для инновационных технологий	
<b>ТИТОВ В.А., ГАРАНЕНКО Т.Р.</b>	168
Розробка процесу формоутворення порожнистої лопатки з титанових сплавів газотурбінних двигунів	
<b>ТИТОВ А.В., ГЕРАСИМОВА О.В., МЕЛЬНИК В.Є.</b>	170
Моделювання контактної взаємодії з урахуванням технологічної спадковості	

## ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ СКЛАДНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

*СИВАК Р. І.*

Доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці, д. т. н.,  
Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, Україна

Розвиток фізики і механіки твердого тіла, теорії обробки металів тиском дозволяють більш глибоко та досконально удосконалювати відомі процеси обробки тиском та розробляти принципово нові технології, обробляти тиском малопластичні матеріали. Розробка більш достовірних механічних моделей процесів пластичної деформації дає можливість оптимізувати технологічні процеси на стадії їх проектування, а також прогнозувати можливості тієї чи іншої технології для виготовлення певного класу деталей шляхом пластичної деформації.

Для повної відповіді на питання про придатність відповідної заготовки до формозміни в конкретному технологічному процесі, необхідна також математична модель, яка б повністю описувала напружено-деформований стан в пластичній області та давала б можливість прослідкувати історію навантаження будь-якої частки матеріалу в просторі інваріантних характеристик тензорів напружень і деформацій на протязі всього процесу формозміни. Основною проблемою побудови математичної моделі пластичної деформації є проблема розв'язку відповідної краєвої задачі. Виникаючі при цьому труднощі пов'язані з нелінійністю системи диференціальних рівнянь, складною геометрією області течії, необхідністю визначення границі пластичних зон. Крім того, проблеми теоретичного моделювання процесів обробки тиском пов'язані не стільки з математичними труднощами, скільки з відсутністю достовірної інформації про граничні умови, а також про закони течії, які враховують складні ефекти, що супроводжують немонотонну пластичну деформацію [1, 2].

Існуючі теорії, дозволяють визначити напруження по кінематиці деформування. Ці теорії базуються на різних моделях поверхонь течії, форми яких можуть змінюватись досить складним закономірностям. Принципово інший підхід для визначення компонент тензора напружень у процесах складного деформування розроблено в роботах О. А. Ільюшина [3]. В роботі [3] запропоновано рівняння, яке дозволяє враховувати вплив величини відхилення вектору напружень від напрямку вектору деформацій на модуль вектору напружень.

Запропоноване в [4] уявлення процесу в просторі деформацій дозволяє ефективно розробляти програми експериментів з використанням базових постулатів теорії пружно-пластичних процесів - постулату ізотропії і принципу запізнення. Якісна особливість цих оригінальних постулатів полягала в тому, що вони допускали пряму експериментальну перевірку в точній відповідності з їх

формулюванням в [3, 4]. Перші досліди з перевірки постулату ізотропії при складному навантаженні, виконані В. С. Ленським [5, 6], а потім і іншими дослідниками, показали, що постулат ізотропії виконується практично з тією ж точністю, що і при простому навантаженні. Сукупність експериментів, присвячених дослідженню підходу О. А. Ільюшина, включала програми по різноманітним плоским і просторовим траєкторіям деформацій і охоплювала широкий набір металів і сплавів. Перші [7, 8] і наступні численні експерименти з двохланковими траєкторіями деформацій підтверджували прямий наслідок принципу запізнювання - вектор  $\bar{\sigma}^0 = \frac{\bar{\sigma}}{|\bar{\sigma}|}$  після зламу траєкторії деформацій поступово лягав на напрям другої ланки, що в подальшому використовувалось для визначення величини сліду запізнення. В експериментах по траєкторіях деформацій у формі пов'язаних дуг кіл спостерігалася тенденція до встановлення постійного кута  $\nu$  між вектором  $\bar{\sigma}^0$  і дотичної до траєкторії деформацій; ця умова виконувалася і на траєкторіях деформацій у формі кола з центром на початку координат. Разом з тим, коли центр кола був зміщений з початку координат або траєкторія деформацій мала форму гвинтової лінії, спостерігалася порушення цієї умови - залежність між кутом  $\nu$  і довжиною дуги траєкторії деформації ставала періодичною функцією. Зміна виду залежності  $\nu(s)$  при зміщенні простору траєкторії деформацій в просторі деформацій як жорсткого цілого обумовлено, ймовірно, впливом часткових розвантажень; цей факт вимагає додаткового експериментального дослідження.

#### Література

1. Огородников В. А. Параметры модели, формирующей карту материала в процессах обработки давлением / В. А. Огородников, Л. И. Алиева, В. М. Кожушаный, И. А. Деревенько // Обработка материалов давлением. – 2011. - №1. – С. 91-98.
2. Огородников В. А. Карты материалов в процессах обработки материалов давлением / В. А. Огородников, И. А. Деревенько, М. И. Побережный // Journal of Mechanical Engineering NTUU "Kyiv Polytechnic Institute". – 2011. - №62. – С. 88-91.
3. Сивак Р. І. Визначення компонент тензора напружень при немонотонній пластичній деформації / Р. І. Сивак, В. А. Огородніков, І. О. Сивак // Вісник машинобудування і транспорту. - 2015 - №1. - С. 111-119.
4. Ильюшин А. А. Пластичность / А. А. Ильюшин // М.: Издательство АН СССР. - 1963. – 272 с.
5. Ильюшин А. А. О связи между напряжениями и малыми деформациями в механике сплошных сред / А. А. Ильюшин // ПММ. – 1954. - т.18, вып. 6. - С.641–666.
6. Ленский В. С. Современные вопросы и задачи пластичности в теоретическом и прикладном аспектах / В. С. Ленский // Изд-во Моск. ун-та, в сб. “Упругость и неупругость”. - 1978. - вып.5. - С. 65–96.
7. Ленский В. С. Экспериментальная проверка основных постулатов общей теории упругопластических деформаций / В. С. Ленский // В сб. “Вопросы теории пластичности”. Изд-во АН СССР. М. - 1961. - С. 58–82.
8. Васин Р. А. Об экспериментальном исследовании функционалов пластичности в теории упругопластических процессов / Р. А. Васин // В кн.: Пластичн. и разрушение тверд.тел. М., Наука. - 1988. - С. 40–57.
9. Зубчанинов В. Г. Экспериментальная пластичность / В. Г. Зубчанинов, Н. Л. Охлопков, В. В. Гараников // Кн.1. Процессы сложного деформирования. Тверь: ТГТУ. - 2003. - 172 с.