



## **МАТЕРІАЛИ**

**VI-ої Міжнародної науково-практичної конференції**

***«Сучасні технології промислового комплексу – 2020»***

*Вересень 8, 2020 – Вересень 12, 2020*

*м. Херсон, Україна*

**Херсон – 2020**

Матеріали VI-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу – 2020», випуск 6. – Херсон: ХНТУ, 2020. – 432.

У матеріалах конференції викладені нові теоретичні і прикладні результати щодо застосування сучасних інноваційних технологій у промисловому комплексі регіонів та машинобудуванні України. Розглянуті проблеми в галузях: технології машинобудування, обробки матеріалів тиском, технології нанесення та обробки покриттів, виробництв нових матеріалів, зміцнення та відновлення деталей машин, технології проектування і виготовлення матеріалів і виробів легкої промисловості, експертної оцінки, дизайну та керування якістю виробів широкого вжитку, системного аналізу та математичного моделювання складних об'єктів, проблем надійності та енергозбереження, захисту довкілля, екологічної безпеки, ресурсозберігаючих технологій.

Викладені практичні рекомендації з використання результатів досліджень і дослідно-конструкторських розробок у машинобудуванні та легкій промисловості. Даний збірник є виданням, в якому публікуються основні результати наукових досліджень провідних вчених України, викладачів, аспірантів та студентів ЗВО.

Збірник розрахований на наукових і інженерно-технічних робітників ЗВО, конструкторських організацій і промислових підприємств.

Організаційний комітет конференції:

Голова: **Бардачов Юрій Миколайович** – д.т.н., професор, ректор ХНТУ.

Заступники голови:

**Розов Юрій Георгійович** – д.т.н., професор, перший проректор ХНТУ;

**Дмитрієв Дмитро Олексійович** – д.т.н., професор, зав. кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки ХНТУ;

**Сєліверстов Ігор Анатолійович** – к.т.н., доцент, декан факультету інженерії та транспорту ХНТУ;

**Закора Оксана Василівна** – к.т.н., доцент, в.о. зав. кафедри експертизи, технології і дизайну текстилю ХНТУ.

Автори опублікованих матеріалів несуть відповідальність за підбір і точність наведених фактів, цитат, економіко-статистичних даних, імен та інших відомостей, а також за те, що матеріали не містять даних, які не підлягають відкритій публікації.



Міністерство освіти і науки України

Державна наукова установа  
«Український інститут науково-технічної  
експертизи та інформації»

**ПОСВІДЧЕННЯ № 345**

від 25 серпня 2020 р.

про реєстрацію проведення заходу	VI-та Міжнародна науково-технічна конференція
за темою	«Сучасні технології промислового комплексу»
що вищеназваний захід проводиться	м. Херсон
Одержувач	Херсонський національний технічний університет

Термін проведення: 08-12 вересня 2020 р.

Кількість учасників: 150

Зав. відділом наукового супроводження  
та організації наукових заходів



В.В.Матусевич

## З М І С Т

### ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

<b>Кузнєцов Ю.М.</b> ИСТОРИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАФЕДРЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ КПИ В РАЗВИТИИ СТАНКОСТРОЕНИЯ	14
<b>Розов Ю. Г., Стебелюк В. І., Тітов В. А., Чечайлюк І. П.</b> РОЗРОБКА ПЕРСПЕКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПОЛІГОНАЛЬНОГО ПРОФІЛЮВАННЯ КАНАЛУ СТВОЛА ВИСОКОТОЧНОЇ ЗБРОЇ	20
<b>Петраков Ю.В.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ	22
<b>Смирнов І.В., Чорний А.В., Андрейцев А.Ю., Долгов М.А., Селіверстов І.А.</b> ІМПУЛЬСНО-ПЛАЗМОВЕ ЗМІЦНЕННЯ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ ТРУБЧАСТИХ ВИРОБІВ	27
<b>Левченко В.М., Алієв І.С., Таган Л.В., Корденко М.Ю.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ СКЛАДЕНОЇ МАТРИЦІ НА ЗУСИЛЛЯ ЇЇ РОЗКРИТТЯ У ПРОЦЕСІ БОКОВОГО ВИДАВЛЮВАННЯ	30
<b>Яглинский В.П.</b> ТЕОРИЯ РАЗМЕРНОСТЕЙ В МЕХАНИКЕ РОБОТОВ	33
<b>Копилов В.І., Кузін О.А., Кузін М.О., Єрко О.О., Люшенко Є.О.</b> ОСОБЛИВОСТІ МІКРОСТРУКТУРИ І УТВОРЕННЯ ДЕФЕКТІВ В РЕЙКОВИХ З'ЄДНАННЯХ ПРИ ТЕРМІТНОМУ ЗВАРЮВАННІ	38

### СЕКЦІЯ 1

#### «ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ МЕТОДИ РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ»

<b>Мешкова-Кравченко Н.В., Лашкевич В.О.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПРИЙОМІВ У ЗБУТОВІЙ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	40
<b>Олійник Н.М., Макаренко С.М., Андрющенко М.С.</b> СТАН ТА ОСОБЛИВОСТІ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ	42
<b>Сапожник Д. І., Демидчук Л. Б.</b> ІНФОРМАЦІЙНА СЕРВІЗАЦІЯ ТА ЦИФРОВІЗАЦІЯ В ІНФРАСТРУКТУРІ НАДАННЯ ПОСЛУГ ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ	44
<b>Тарасюк А.В., Войцешук В. С.</b> ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИЙ ПРОДУКТ ЯК РЕЗУЛЬТАТ ІННОВАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	47
<b>Чичикало М. А., Шандова Н.В.</b> КОРПОРАТИВНА СОЦІАЛЬНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВ ЯК МЕТОД РЕАЛІЗАЦІЇ ІННОВАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ	50
<b>Шандова Н.В., Кириченко Н.О.</b> СОЦІАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	51

<b>Розова А. Ю.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМУ ТА ШВИДКОСТІ ЗМІНИ ФАКТИЧНОГО ПОКАЗНИКА РІВНЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЦІЛЕЙ ПІДПРИЄМСТВА ЗА ПРОФІЛЕМ ЇХ ЗБАЛАНСОВАНOSTI	54
--	----

## СЕКЦІЯ 2

### «ПРОГРЕСИВНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАТРОНІКА, РОБОТОТЕХНІКА І АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ»

<b>Алієва Л.І., Жбанков Я.Г., Моїсєєва А.М., Іванова Ю.О.</b> ХОЛОДНЕ КОМБІНОВАНЕ РАДІАЛЬНО-ПРЯМЕ ВИДАВЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ФЛАНЦІЯМИ	57
<b>Абхарі П. Б., Малій Х. В., Корденко М.Ю., Махмудов К.Д</b> АНАЛІЗ СИЛОВОГО РЕЖИМУ ДВОСТОРОННЬОГО БОКОВОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ДЕТАЛЕЙ З ВІДРОСТКОМ	59
<b>Алтухов В. М., Боровік П. В.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТОЙКОСТНИХ РЕСУРСІВ РІЖУЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ	61
<b>Боровік П.В., Алтухов В.М.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ТА ЗРОСТАННЯ ТРІЩИНИ ПРОЦЕСІВ ГАРЯЧОГО РОЗДІЛЕННЯ МЕТОДОМ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ	64
<b>Березін Л.М.</b> ІННОВАЦІЙНІ ТРЕНДИ ВИРОБНИКІВ ПАНЧІШНО-ШКАРПЕТКОВИХ АВТОМАТІВ	68
<b>Бергер Е.Э., Симинченко И.П.</b> АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ АКТИВАЦІЕЙ УГЛЯ В РЕАКТОРАХ КИПЯЩЕГО СЛОЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ВТОРИЧНИХ ОТХОДОВ	71
<b>Bereziuk O. V.</b> NUMERICAL STUDY OF AN IMPROVED MATHEMATICAL MODEL OF THE SOLID DOMESTIC WASTE AFTER COMPACTION DRIVE IN A GARBAGE TRUCK	72
<b>Блощицин М.С., Головка Л.Ф., Романенко В.В., Салій С.С.</b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ БІМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ КОМБІНОВАНИМИ ЛАЗЕРНО-ЛИВАРНИМИ ПРОЦЕСАМИ	77
<b>Воловецький В.Б., Щирба О.М.</b> МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЗБИРАННЯ ТА ПІДГОТОВЛЕННЯ ГАЗУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАБІЛЬНОГО ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНЕВОЇ СИРОВИНИ	82
<b>Гудь В.З.</b> РЕЗОНАНСНІ КОЛИВАННЯ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ З ОДНОЧАСНОЮ СЕПАРАЦІЄЮ	86
<b>Гевко Р.Б., Баліцький І.Б., Хомик Н.І.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ ПРИ РОЗРОБЛЕННІ ТА МОДЕРНІЗАЦІЇ МАШИН	91
<b>Гевко Р.Б., Никеруй Ю.С., Довбуш Т.А.</b> ДВОКАНАТНИЙ МЕХАНІЗМ ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ЯБЛУК У ТАРІ В МАЛІ СКЛАДСЬКІ ПРИМІЩЕННЯ	94
<b>Грудкіна Н.С.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМ МЕТОДОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ КІНЕМАТИЧНИХ	97

МОДУЛІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ <b>Добров І.В., Семичев А.В.</b>	100
РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА	
<b>Ємел'янова Т.А.</b>	106
АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ТРИШАРОВОЇ ПІДКРПЛЕНОЇ ОБОЛОНКИ	
<b>Загородний А.І., Кириченко А.М.</b>	110
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕХАНІЗМІВ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ДЛЯ БАГАТОКООРДИНАТНОГО 3D ДРУКУ	
<b>Karnaub S. G.</b>	113
DEVELOPMENT OF THE CHOICE PROCEDURE FOR SEPARATION METHOD SECTIONAL	
<b>Картамышев Д.А., Алиева Л.И., Жбанков Я.Г., Малий К.В.</b>	116
ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАДИАЛЬНО- ПРЯМОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ	
<b>Кравцова Л.В., Алексенко В.Л., Богдан А.П.</b>	121
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ, ЦИКЛІЧНО-ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА МІЦНІСТЬ ПОЛІМЕРКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ	
<b>Кулік Т. О.</b>	125
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ МЕТАЛУ В ОСЕРЕДКУ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ТЕПЛІЙ ПРОКАТЦІ ВІДНОСНО ТОНКИХ СМУГ	
<b>Марков О.Є., Маркова М.О., Житніков Р.Ю., Різак П.І.</b>	128
ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМ КУВАННЯ КРУПНИХ ЗЛИТКІВ	
<b>Манило И.И., Чумаков В.Г., Шарипов А.Г., Воинков В.П., Зыков В.И., Куприянов А.Н., Роечко В.В., Волосников В.А.</b>	129
ТУШЕНИЕ ВОЗГОРАНИЙ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ КОЛЕБАНИЯМИ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ (СПОСОБ И УСТРОЙСТВО)	
<b>Манило И.И., Чумаков В.Г., Шарипов А.Г., Воинков В.П., Зыков В.И., Куприянов А.Н., Роечко В.В., Волосников В.А.</b>	131
АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВ «ПЛАН-ФАКТ» В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	
<b>Нсженцев О.Б.</b>	135
МОДЕЛЮВАННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ МОСТОВОГО КРАНА	
<b>Немировский Я.Б., Шепеленко И.В., Медведева О.В.</b>	138
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ	
<b>Привала В.О.</b>	140
УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПОРИСТОЇ СТРУКТУРИ В ПОЛІМЕРНИХ ПЛІВКОВИХ МАТЕРІАЛАХ	
<b>Серкіз О.Р., Бойко М.В., Сермінська К.Б., Піхоцький В.І.</b>	143
АДАПТИВНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ БАГАТООПЕРАЦІЙНИМ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ГІДРОПРЕСОВИМ ОБЛАДНАННЯМ ОБ'ЄДНАНИМ В ПОТОКОВІ ЛІНІЇ	

which is cold bending breaking, can be recommended mainly for separation of brittle materials from steel of the following grades: ШХ15, 65Г, 60С2, 50ХФА, У8А, etc., and also for separation of viscoelastic materials from steel of the grades: 45, 40Х, 30ХГСА and others, when creating the certain stress state in the destruction zone, for example, due to combined static-dynamic loading. It is reasonable to use shifting cut method for separation of viscoelastic materials in order to obtain high geometric accuracy of the workpieces. For separation of plastic materials from steel of grades: 3, 5, 10, 20, as well as copper М1, brass ЛС59-1, etc. it is advisable to use the scheme of sharing with differentiated rolled metal clamping, cutting at higher deformation speeds, cutting method in bush knives without transversal gap or cutting by off-center twisting. If an increased demand is made to the geometric accuracy of plastic workpieces, it is recommended to use complex blanking-separation processes.

#### REFERENCES

1. Solovtsov S.S., Lisunets N.L. State and development prospects of the production of precision billets from long products: prospects for the production of precision billets and parts by volumetric deformation methods. Moscow, 1990. P. 76–81 (*in Russtan*).
2. Finkel V.M., Golovin Yu.I., Rodyukov G.B. Cold breaking of rolled products. Moscow: Metallurgy, 1982. 192 p. (*in Russtan*).
3. Karnaukh S.G. Improvement of waste-free methods for separating long products and equipment for obtaining high quality billets: monograph, Kramatorsk, DSEA, 2010. 196 p. (*in Russtan*).
4. Skudnov V.A. Influence of heat treatment temperature on synergetic criteria of steel fracture. *Mechanical engineering technology*, 2003. №2. P. 6-7 (*in Russtan*).
5. Karnaukh S.G. Development of the choice procedure for separation method of section iron complex criteria of materials destruction. *Mechanics and Advanced Technologies*, 2017. №2(80). P. 31-38.
6. Terekhov S.A. Neural network information models of complex engineering systems. *Neuroinformatics*. Novosibirsk, 1998. P. 101-136 (*in Russtan*).

УДК 621.777.4

### ОСОБЕННОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ СЛОЖНОПРОФИЛИРОВАННЫХ ПОЛЫХ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО РАДИАЛЬНО-ПРЯМОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ

Картамышев Д.А., Алиева Л.И., Жбанков Я.Г., Малий К.В.  
Донбасская государственная машиностроительная академия

Введение. Эффективным способом оптимизации силового режима процессов выдавливания, является поиск и изучение новых схем штамповки. Холодная объемная штамповка (ХОШ) применяется для изготовления деталей малых размеров и сложной формы из металлов, обладающих высокой пластичностью [1]. Развитие технологии ХОШ связано с освоением новых способов выдавливания, таких, как поперечное и комбинированное поперечно-продольное выдавливание [2, 3]. Эти процессы являются наименее изученными и потому наиболее трудными в реализации. Совмещенным (по времени и по очагу деформации) способам комбинированного выдавливания, характерна большая степень свободы истечения металла, что сопровождается уменьшением энергозатрат, но вместе с тем затрудняет однозначное формообразование детали [4]. В этих процессах для управления течением можно использовать как геометрические параметры инструментов, так и регулирование подачи металла в очагом деформации (ОД).

Последовательное радиально-прямое выдавливание, лишенное этого ограничения, весьма эффективно для формообразования удлиненных трубчатых деталей с переменной толщиной стенки и большим перепадом ступенчатых частей [4- 6].

Постановка задачи. Возможности последовательного радиально-прямого выдавливания не ограничены получением только осесимметричных изделий типа стакана с постоянной толщиной стенки по высоте полости, с симметрично расположенным внешним осевым отрезком или без него [6, 7].

Этот способ также позволяет изготавливать сложнопрофилированные стаканы с переменной и постоянной толщиной стенки по высоте, что существенно расширяет номенклатуру штампуемых полых изделий и повышает эффективность исследуемого процесса радиально-прямого выдавливания [7]. Для подтверждения этого в данной работе производилась оценка деформированного состояния расчетным путем с использованием программы DEFORM 3D и модели упругопластического сопротивления деформации материала, что позволяет установить точное распределение нормальных напряжений на контактных поверхностях, а также конечную форму и размеры штампуемых деталей.

Результаты работы. Полученное полое изделие имело цилиндрическую внешнюю и внутреннюю боковые поверхности с одной ступенькой на внутренней боковой поверхности. Полое изделие с переменной толщиной стенки по высоте углубления (с одной ступенькой на внутренней боковой поверхности) было получено за два перехода. После получения на первом переходе полого полуфабриката с толщиной стенки 3 мм на втором переходе за счёт уменьшения диаметра рабочего участка нижнего пуансона с 50 мм до 44 мм радиально-прямым выдавливанием была сформирована ступенька на внутренней боковой поверхности.

Для исследования закономерностей формоизменения и оценки деформированного состояния заготовки в процессе радиально-прямого выдавливания применили метод делительных координатных сеток. Делительная квадратная сетка с базой 2 мм была нанесена на меридиональное сечение полуфабриката. Для оценки показателей напряженно-деформированного состояния заготовки в очаге деформации на последовательных стадиях процесса радиально-прямого выдавливания были выбраны 5 характерных точек (P1-P5) в различных исследуемых зонах заготовки (см. рис. 1).

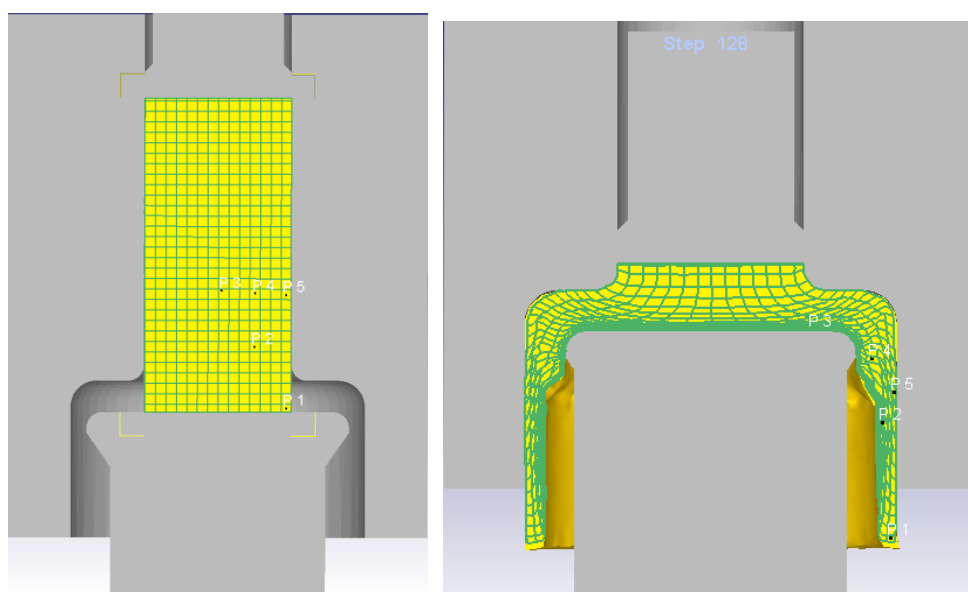


Рисунок 1 – Характерные точки в различных исследуемых зонах заготовки

Графики изменения интенсивности напряжений по мере прохождения частицами пластическую зону показывают различие в развитии напряжённого состояния зон, расположенных на боковой поверхности и в центральных областях исходной заготовки (рис. 2). Для зоны очага интенсивной деформации (точки P3, P4)) характерны высокие значения интенсивности напряжений, поскольку в данной зоне происходит изменение направления течения металла, и они расположены на границе перехода ступеньки. Интенсивность напряжений для точек P2 и P5, только что покинувший очаг деформации и зону формирования ступеньки, начала снижаться, а для точки P1, полностью покинувшей очаг деформации и расположенной в зоне прямого течения металла интенсивность напряжений существенно меньше максимальных величин, чем в очаге деформации.

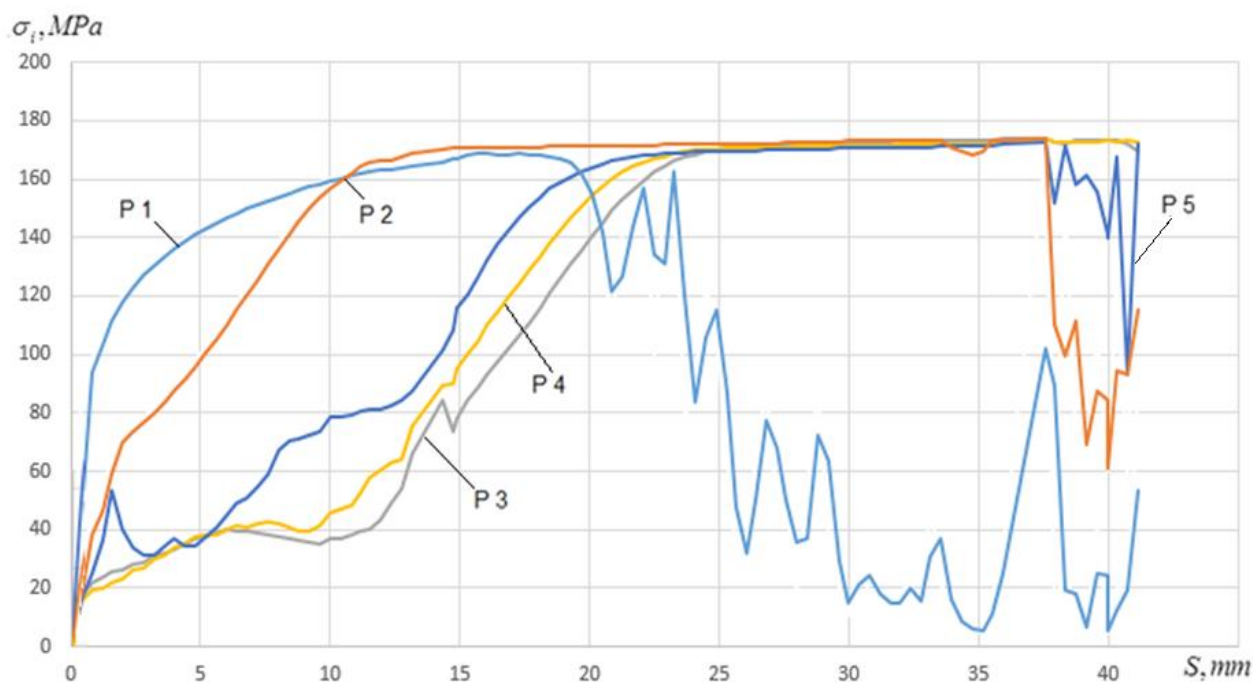


Рисунок 2 – Интенсивность напряжений в характерных точках очага деформации

Распределение интенсивности деформации, как уже было отмечено, отличается заметной неравномерностью. В центральной области детали наиболее деформированные слои прилегают к дну полости, наибольшую деформацию приобретают внутренние слои на границе формирования ступеньки. Графики нарастания деформаций по ходу процесса выдавливания отображают различие в характере накопления деформаций точками, расположенными в центральных зонах и на боковой поверхности исходной заготовки (рис. 3).

После прохождения материальными частицами очага деформации интенсивность деформации точки P1 остается неизменной. До вхождения в очаг интенсивной деформации точек P4, P5 деформация соответствующих им зон практически незаметна, далее приращение деформации происходит относительно равномерно и без скачков. При этом более интенсивное нарастание присуще частицам, расположенным ближе зоне формирования ступеньки (P2, P3).

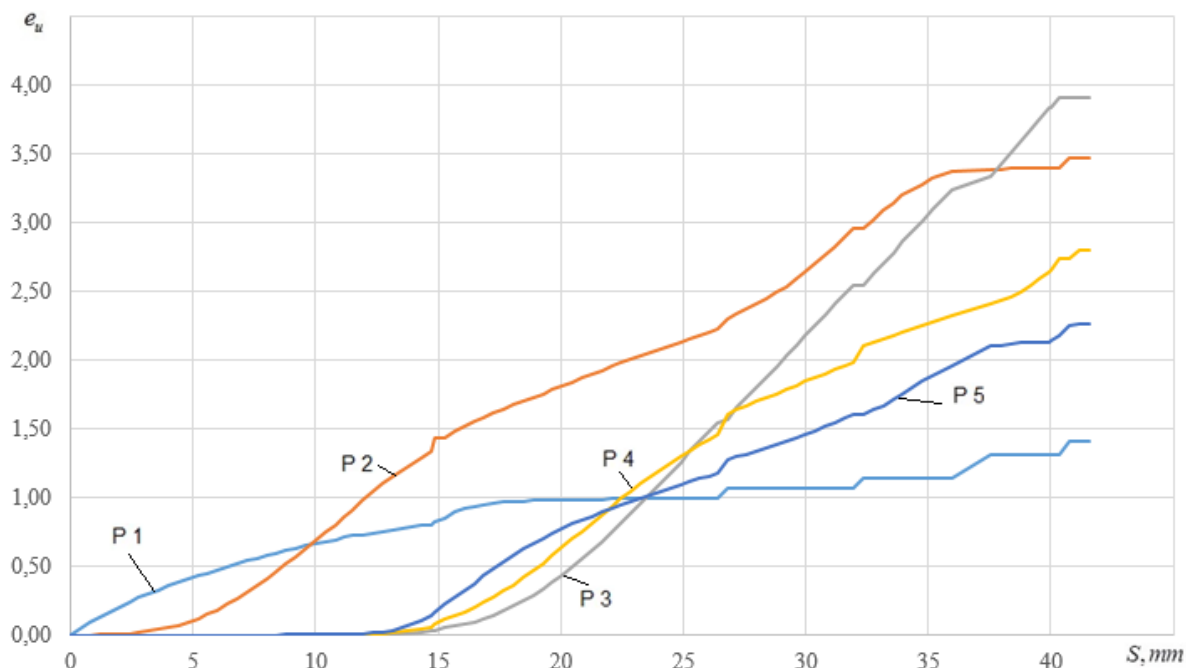


Рисунок 3 – Наростання інтенсивності деформації характерних точок по ходу процесу видавлювання

Для кількісної оцінки характеру зміни напруженого стану було встановлено значення показателя жорсткості напруженого стану в характерних зонах пластичної деформації і побудовані «пути деформування» в координатах інтенсивність деформацій  $e_u$  – показателю напруженого стану  $\eta$  (рис. 4).

Значення встановлювали по залежності:

$$\eta = \frac{3 \cdot \sigma_{mean}}{\sigma_i}, \quad \sigma_{mean} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3},$$

В координатах діаграми пластичності « $e_u - \eta$ » значення показателя напруженого стану розташовані в благоприємній зоні негативних величин. Для частинок, розташованих на периферії фланця, формуючого на першій стадії радіального видавлювання (в точці P1), шлях деформування проходить і через зону з позитивними значеннями, що свідчить про ймовірність руйнування металу через дію оточуючих розтягуючих напружень. Після досягнення кромки видавлюваного фланця зони розвороту металу з радіального напрямку на пряме внаслідок зміни схеми напруженого стану шлях деформування « $e_u - \eta$ » розворається і переходить в більш благоприємну область. В наступному, «відстаючі» частинки (P2, P3) деформуються більш монотонно і не піддаються такій небезпеці руйнування, так як забезпечені підпором з боку вже сформованого ділянки стакану. Частинки (P4, P5) розташовані у зоні формування ступеньки близько до зони неблагоприємних величин.

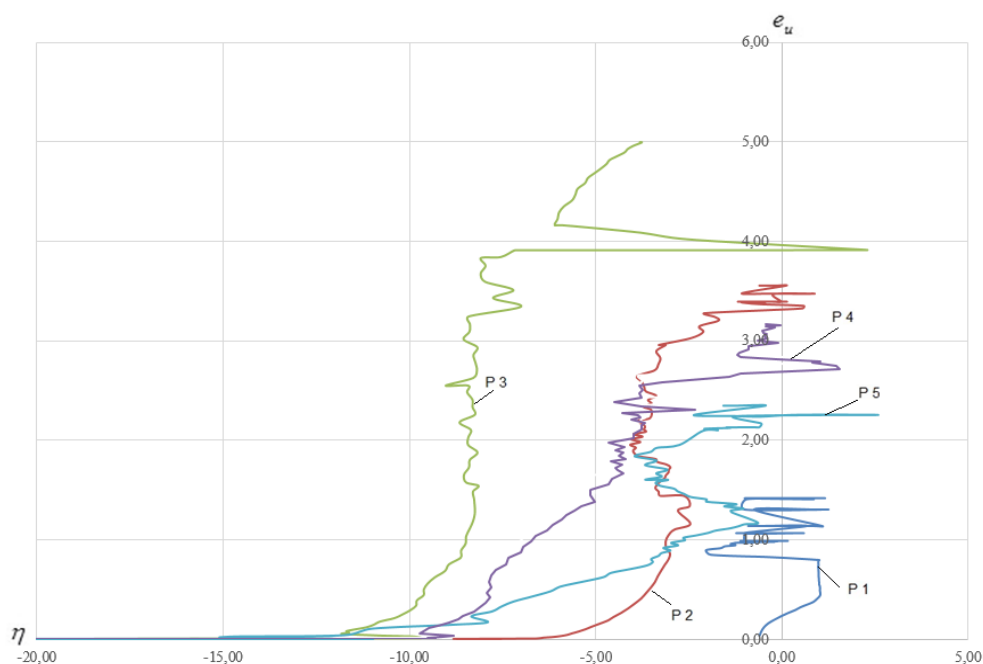


Рисунок 4 – Графіки залежності інтенсивності деформації від показателя напруженого стану для частинок P 1- P5

Висновки. Моделюванням методами кінцевих елементів і верхньої оцінки встановлено характер розподілення деформованого стану для полх деталей типу стаканів і накоплення деформацій при холодному деформуванні. Встановлено, що зони найбільш інтенсивної деформації прилягають до дна і внутрішньої поверхні порожнини стаканів. Встановлено, що матеріальні частинки заготовки, розташовані на периферійних ділянках, піддаються немонотонній деформації з позитивним значенням показателя напруженого стану.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Cold Forging of Hollow Cylindrical Components Having an Intermediate Flange – Ubet Analysis and Experiment / H. Kudo, B. Avitzur, T. Yoshikai, J. Luksaza a. o. // CIRP Annalen. – 1980. – № 129. – P. 129–133.
2. Алиева Л. И. Перспективы развития процессов точной объемной штамповки / Л. И. Алиева, Я. Г. Жбанков // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – № 1 (11). – С. 13–19.
3. Алиев И. С. Технологические возможности новых способов комбинированного выдавливания / И. С. Алиев // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 1990. – № 2. – С. 7–9.
4. Алиева Л. И. Совершенствование процессов комбинированного выдавливания: монография / Л. И. Алиева. – Краматорск: ООО «Тираж - 51». 2018. – 352 с. ISBN 978-966-379-846-2.
5. Данилин Г. А. Теория и расчеты процессов комбинированного пластического формоизменения / Г. А. Данилин, В. П. Огородников. – СПб. : БГТУ, 2004. – 304 с.
6. Алиев И.С. Технологические возможности последовательного радиально-прямого выдавливания / И.С. Алиев, О.К. Савченко, О.В. Чучин // Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении: Тематич. сб. научн. тр. – Краматорск, ДГМА, 2005. – С. 346-351.
7. Пат. 67960 А Україна, В 21 К 21/00. Спосіб виготовлення порожнистих деталей з фасонною бічною поверхнею / Алієв І.С., Савченко О.К., Алієва Л.І., Чучин О.В.; власник ДДМА. – № u2003076832; заявл. 15.07.2004; опубл. 15.07.2004, Бюл. № 7.