

У спеціалізовану вчену раду
Д12.105.01
Донбаської державної машинобудівної
академії
м. Краматорськ, Україна

ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу **Алієвої Лейли Іграмотдіновни**
«Розвиток наукових основ і розробка ресурсозберігаючих процесів об'ємного
формування на основі способів комбінованого деформування», яка
представлена на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за
спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»

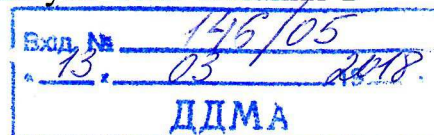
1. Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертація складається з анотації, вступу, восьми розділів, висновків,
списку використаних джерел з 473 найменувань та додатків на 45 сторінках,
у яких зокрема наведені список публікацій автора та перелік наукових
конференцій, на яких була апробована робота. Загальний обсяг дисертації
становить 632 сторінки, з них - 310 сторінки основного тексту, 298 рисунків і
28 таблиць на 191 сторінках.

Структура роботи по складу та послідовності розділів логічна та в
цілому відповідає необхідним вимогам.

У **вступі** наведена загальна характеристика роботи, обґрунтована
актуальність теми й показаний зв'язок дисертаційної роботи з науковими
програмами, планами та темами, наведена мета і задачі дослідження, дана
характеристика об'єкта, предмета та методів дослідження. Відзначено
особистий внесок здобувача, сформульована наукова новизна та практична
цінність отриманих результатів, наведені дані по апробації роботи.

В **першому розділі** наведені результати аналізу проблеми розвитку
технології формування деталей і заготовок та методів розрахунку
процесів об'ємного пластичного деформування. Розглянуто стан питання в



процесах точного об'ємного штампування і видавлювання. На основі аналізу виділені основні проблемні питання та напрямки які спрямовані на інтенсифікацію технологій об'ємного деформування. До таких напрямків віднесено зокрема застосування способів комбінованого деформування, які суміщають різноманітні прийоми кінематичного та силового впливу на заготовку, що деформується. Визначено основні напрями удосконалення даної галузі обробки тиском, які полягають у створенні і застосуванні нових концепцій проектування процесів деформування, заснованих на нових і удосконалених методах моделювання процесів об'ємного деформування, в тому числі, на методах прогнозування закономірностей формоутворення і технологічної деформівності матеріалів, а також на нових технологічних способах комбінованого деформування. Визначено, що створення і освоєння ресурсозберігаючих наукоємних технологій, що базуються на комбінованих методах обробки, є одним із пріоритетних напрямків розвитку технологій машинобудування.

Проведений аналіз відомих підходів до теоретичного дослідження процесів пластичного деформування, зокрема прогнозування технологічної деформовності металів та встановлені проблеми проектування процесів та штампів для об'ємного формоутворення заготовок.

У **другому розділі** на основі методу морфологічних карт розширена область пошуку раціональних схем об'ємного деформування, що дозволяють отримувати основні типи деталей, такі як стакани і стрижні з фланцем, гільзи, втулки тощо. Визначено основні методи створення нових схем видавлювання точних заготовок.

Створені класифікації процесів видавлювання деталей типу стаканів, гільз, стрижнів та фланців. Класифікації складені на підставі виділених кінематичних структур технологічного процесу - з урахування додаткових кінематичних і силових впливів на заготовку. Підібрані нові, найбільш перспективні способи комбінованого деформування.

Запропоновано методіку теоретичних досліджень процесів об'ємного

пластичного деформування. В якості основного методу теоретичних досліджень запропонований енергетичний метод верхньої оцінки та метод кінцевих елементів, реалізований в програмних продуктах QForm 2D / 3D та Deform 3D. Для визначення аналітичних залежностей, параметрів формозміни заготовки в процесах формоутворення різних типів деталей запропонований метод кінематичних модулів. Наведено основні положення і методики застосування феноменологічної теорії деформовності металів.

Розроблено технологічне оснащення і запропоновано методику проведення експериментальних досліджень процесів об'ємного деформування. Для отримання експериментальних даних, необхідних для постанові задач моделювання, запропоновано метод вимірювання сил контактного тертя.

Третій розділ присвячений розвитку методів розрахунку процесів об'ємного пластичного деформування енергетичним методом верхньої оцінки на основі розробки та оцінки властивостей модулів кінематично можливих швидкостей переміщень (КМШП) різної конфігурації.

Розвинений метод кінематичних модулів і дана оцінка їх властивостей, що сприяло розширенню їх застосування для вирішення задач аналізу процесів об'ємного формоутворення. Співставленні різні кінематичні модулі – кінематично можливі поля швидкостей переміщення і встановлено перевагу трапецеїдальних і трикутних модулів з криволінійними сторонами. Лінеаризація підінтегральних залежностей показала свою неефективність через труднощі в підборі прийнятних функцій для всього обсягу трапецеїдальних модулів. Для отримання наближених верхніх оцінок потужності сил деформування в таких модулях використано наближене інтегрування на основі нерівності Коші-Буняковського. Встановлено оптимальні кінематичні модулі для опису полів швидкостей переміщень на основі мінімізації розрахункових тисків.

Для випадків комбінованого видавлювання з обтисненням кращій результат забезпечує поле, яке включає трикутні криволінійні модулі, а при

видавлюванні з роздачею – комбіноване поле, що складене з трапецеїдального і прямокутного модулів.

Заслугою автора є систематизація кінематичних модулів течії металу в осередку деформації та залежностей кінематично можливих полей швидкостей. Для КМПШ паралельної течії автором наведені типові рішення відносно приведенного тиску. Це дає можливим формалізувати використання методу кінематично можливих модулів при вирішенні технологічних задач, забезпечити підвищення оперативного аналізу силового режиму деформування і постійного формоутворення деталей в процесах комбінованого деформування з декількома ступенями свободи витікання металу.

У **четвертому розділі** проведено дослідження технологічної деформовності металу на основі феноменологічної теорії руйнування. Для оцінки технологічної деформівності при холодній об'ємній обробці розглянуті можливості критеріїв руйнування, в основу яких покладена гіпотеза про вплив першого і третього інваріантів тензора напружень на величину витрат ресурсу пластичності при пластичній деформації металу.

Використано простір «накопичена інтенсивність деформацій – безрозмірні показники напруженого стану», що дозволило при оцінці деформовності заготовок, моделювати процеси пластичного деформування на матеріалах різного рівня зміцнення. Уточнено методики побудови діаграм і поверхонь пластичності із залученням нових координат, в тому числі параметра Лоде-Надаї і параметра Огороднікова В.А., який враховує вплив третього інваріанта тензора напружень.

Показано, що на пластичність основний вплив здійснює не кривизна траєкторії деформацій – похідна траєкторії деформацій, а швидкість зміни показників напруженого стану або кривизна шляху деформування. Отримані результати досліджень пластичності металів в залежності від 3-х інваріантів тензора і девіатора напруження дозволили встановити межі застосування

феноменологічних критеріїв деформівності без руйнування в залежності від інтервалу значень другої похідної від показника напруженого стану.

Розроблений метод прогнозування технологічної деформовності металів та сплавів при дробному деформуванні, величина якої обумовлена проміжною термічною обробкою або технологічними паузами. Метод дозволяє враховувати вплив відпалу і технологічної паузи при деформуванні на відновлення пластичності металу. Із використанням розробленого методу встановлено раціональні режими деформування, що забезпечують максимальну деформовність металу.

Отримали розвиток оцінки напружено-деформованого стану та технологічної деформівності при холодному комбінованому видавлюванні порожнистих деталей з фланцем, які дозволили встановити зони з граничним вичерпанням ресурсу пластичності і уточнити граничні можливості способів комбінованого радіально-поздовжнього видавлювання і способу радіального видавлювання фланців з протитиском.

Основна заслуга автора полягає у встановленні впливу швидкості зміни показників напруженого стану на пластичність, або керування шляху деформування в координатах «друга похідна від показника напруженого стану – накопичення інтенсивність деформацій», що дає можливість встановити межі застосовності феноменологічних критеріїв деформівності без руйнування в залежності від характеру напруженого стану.

У **п'ятому розділі** наведено результати дослідження енергетичним методом верхньої оцінки, методом кінцевих елементів і експериментальними методами технологічних силових та деформаційних режимів комбінованого видавлювання. Пропонована класифікація осередків деформації при комбінованому видавлюванні, яка дозволяє обрати розрахункову схему і параметри оптимізації режимів процесу. Проведено дослідження комбінованого видавлювання з циліндричної заготовки деталей типу стрижня і стакану з фланцем. Встановлені залежності, що описують вплив параметрів процесу на силовий режим і закономірності формоутворення деталей при

комбінованому радіально—зворотному, радіально—прямому та трьохсторонему видавлюванню. Надані рекомендації з призначення механічного режиму деформування в залежності від температури поверхні заготовки для забезпечення керованого розподілу деформацій в кінцевому виробі.

Встановлено на основі досліджень напружено-деформованого стану заготовки при комбінованому радіально-зворотному видавлюванні деталей з високих заготовок на початковому етапі деформування наявність проміжної жорсткої зони, що розділяє автономні осередки деформації радіального і зворотного видавлювання металу і розроблені моделі розрахунку таких процесів деформування на основі рівновагі потужностей на границях жорсткої зони.

Встановлено також залежності які описують параметри формозмінення заготовки при деформуванні з підвищеним ступенем свободи течії металу і дана оцінка формуванню і поетапному розвитку деформаційного поля заготовки, що видавлюється.

Шостий розділ присвячений дослідженню другий групі процесів комбінованого видавлювання – способам послідовного видавлювання порожнистих деталей типу гільз (стаканів) і втулок. Досліджено вплив схеми деформування, форми інструменту та заготовки на параметри силового режиму в процесах формоутворення деталей.

Визначено енергетичним методом, що найбільший вплив на приведений тиск радіально-прямого видавлювання з роздачею порожнистих деталей надають відносні товщина стінки, товщина дна стакану і умови контактного тертя.

Встановлено шляхом зіставлення силового режиму виготовлення порожнистих виробів типу стакану в процесах зворотного, прямого, прямого - «безматрічного», радіально-прямого з роздачею (і його різновидів) видавлювання, що в процесі радіально-прямого видавлювання з роздачею сила деформування може бути знижена в кілька разів у порівнянні зі зворотним і

прямим видавлюванням. Для способу прямого видавлювання з роздачею в результаті аналізу полів НДС і температурного поля визначені оптимальні для опрацювання металу кути матриці, які дорівнюють 25° - 30° .

Зокрема досліджені два способи радіально-прямого видавлювання з обтисненням трубчастої заготовки. Перший спосіб полягає в послідовному деформуванні заготовки в просторі між матрицею і ступінчатою оправкою. Другий спосіб полягає в послідовному радіально-прямому видавлюванні з обтисненням трубчастої заготовки на ступінчатої і конічної оправці, причому деформування здійснюється в певній послідовності із зміною зазору, що дає можливість отримати стінку виробу змінної товщини. Встановлено енергетичним методом верхньої оцінки і МСЕ режими видавлювання і оптимальні значення кута нахилу твірної конусної оправки ($\beta = 46$ - 52°), при яких приведений тиск процесу радіально-прямого видавлювання з обтисненням мінімальний. Процес ефективний для профілювання внутрішньої поверхні трубчастих деталей за рахунок зміни зазорів між рухомою оправкою і матрицею, а також профілювання самої оправки.

Порівняння теоретичних розрахункових формул і експериментальних значень тисків деформування і показників деформованого стану між собою, а також з результатами, що отримані методом кінцевих елементів, і експериментальними даними показало можливість використання отриманих залежностей для технологічних розрахунків силових параметрів і оцінки формоутворення деталей.

Встановлено, що для виготовлення порожнистих деталей доцільно застосовувати нові схеми комбінованого видавлювання з роздачею і обтисненням, які сприяють розширенню технологічних можливостей процесів штампування за рахунок ускладнення конфігурації, скорочення технологічних переходів і зниження сил деформування.

В цьому розділі проведено дослідження процесів комбінованого деформування прецизійних і великогабаритних заготовок.

На основі методу кінцевих елементів і експериментальних досліджень

встановлені можливості керування параметрами НДС заготовки в процесах деформування за рахунок зміни кінематики подачі металу у порожнину матриці.

Розроблено на основі енергетичного методу і методу кінцевих елементів математичні моделі для прогнозування дефектів типу утяжин в процесі видавлювання деталей, а також запропоновані способи, які попереджують появу дефектів шляхом використання рухомих півматриць і підготовки заготовок з технологічними елементами у вигляді буртів на торцях або бічних поверхнях вихідної заготовки. Для зниження нерівномірності деформованого стану запропоновано зворотне видавлювання (або наскрізну прошивку) доповнити прямим видавлюванням порожнистого напівфабрикату, перевернутого на 180° .

Отримали подальший розвиток способи маловідходного комбінованого видавлювання-пробивання порожнистих деталей типу кілець з багатоштучної заготовки. Встановлено схеми деформування, що забезпечують підвищення рівня тиску в зоні поділу, в об'ємі заготовки і точності поковки.

Розглянуто схеми комбінованого деформування великогабаритних виробів ступінчастим інструментом, що дозволяє створити інтенсивні зсувні деформації зсуву в заготовці. Запропоновано нові способи деформування спеціальним інструментом. Розглянуто вплив механічного режиму та кінематики деформування заготовки в процесі комбінованого деформування з зсувом. Встановлено, що деформування заготовок таким способом дозволяє значно знизити нерівномірність розподілу деформацій в об'ємі заготовки та підвищити рівномірність розподілу зерен структури заготовки. Процес використаний при виготовленні заготовок відповідального призначення з литих вихідних матеріалів.

Результати дослідження силового режиму дозволили запропонувати новий спосіб експлуатації пуансона, як найбільш навантаженого при зворотному видавлюванні інструменту, за яким не допускається витягування

пуансона з видавленої деталі до того моменту, як їх буде спільно видалено з порожнини матриці.

На основі експериментальних досліджень силового режиму, вимірювань контактного пластичного тертя на оригінальних установках власної розробки, вивчення деформованого стану заготовки при комбінованому видавлюванні деталей уточнені вихідні дані для математичних і комп'ютерних моделей, а також адекватність припущень, прийнятих в теоретичному аналізі процесу.

Восьмий розділ присвячений практичному впровадженню результатів досліджень. Зокрема в розділі запропонована методика проектування процесів об'ємного пластичного формоутворення. Наведені нові способи комбінованого деформування, які запропоновані на підставі виявлених закономірностей формоутворення. Розроблені технології об'ємного деформування прецизійних деталей типу стаканів і стрижнів та крупних поковок типу ротора і чаш. Надані технологічні рекомендації з проектування вищезазначених груп виробів. Наведені розроблені в дисертації нові процеси і штамп та приклади промислового впровадження результатів досліджень.

У загальних **висновках** викладено отримані в процесі дисертаційного дослідження найбільш важливі наукові та практичні результати, які сприяли розв'язанню науково-технічної проблеми.

Список використаних джерел є інформативним, достатньо повно охоплює зазначену галузь знань та відображає великий об'єм оброблених іноземних джерел.

Матеріали дисертації викладені достатньо логічно та послідовно і відповідають вимогам до оформлення докторських робіт. В додатках наведена інформація про апробацію, а також документи, які свідчать про впровадження результатів досліджень.

2. Актуальність теми дисертаційного дослідження

Розвиток економіки та укріплення національної безпеки нерозривно пов'язані із впровадженням нових наукоємних технологій в стратегічних секторах виробництва. До такого виробництва належить машинобудування,

основною складовою яких є виготовлення прецизійних і великогабаритних заготовок відповідального призначення. Якість та собівартість виготовлення таких деталей значною мірою обумовлюється технологією об'ємного пластичного деформування. Сучасний стан вітчизняного заготівельного виробництва, зокрема галузі обробки тиском, не завжди забезпечує належного рівня якості та собівартості продукції, через що і втрачає позиції на світовому рику.

Розробка та впровадження нових ефективних технологій ОМТ часто стримується відсутністю сучасних методів розрахунку процесів пластичного деформування, які б дали змогу із мінімальними часовими та матеріальними затратами і враховуючі максимальну кількість фізичних процесів які відбуваються в металі проаналізувати перспективні схеми деформування. Тому розвиток наукових основ процесів об'ємного пластичного деформування в напрямку створення нових та удосконалення методів розрахунку є актуальним.

Актуальність створення нових та уточнення існуючих способів деформування та розробка на їх основі ресурсозберігаючих технологій також не викликає сумнівів. Багаторічний практичний досвід в умовах вітчизняного виробництва дозволяє вирішувати багато поточних проблем, але велика кількість протиріч в рекомендаціях, щодо кування різних типів поковок, які зустрічаються в літературі не дозволяють чітко сформулювати методіку проектування технологічних процесів.

Тому в дисертації вирішена актуальна науково-технічна проблема подальшого розвитку процесів об'ємного деформування на основі створення наукових основ методів розрахунку технологічних процесів створення нових способів комбінованого деформування та на їх основі проектування технологічних процесів високої ефективності, яка має важливе народногосподарське значення для економіки України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами.

Тема дисертаційної роботи відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки "Новітні ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі» та відповідає науковому напрямку «Розвиток ресурсозберігаючих процесів обробки тиском на основі створення нових технологічних способів і методик аналізу закономірностей пластичного деформування» наукової школи кафедри "Обробка металів тиском" (ОМТ) Донбаської державної машинобудівної академії. Робота виконана в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт (НДР), передбачених планами Міністерства освіти і науки України та виконаних на кафедрі ОМТ ДДМА (№ держреєстрації 0111U000883, 0113U000608, 0109U002664), а також в рамках госпдоговірної науково-дослідної роботи з ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (договір Х-14-2013, № 0113U004776). Автор була відповідальним виконавцем при виконанні держбюджетних тем.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Найбільш суттєві наукові результати дисертації включають в себе:

1) *Отримав подальший розвиток* метод кінематичних модулів для математичного моделювання на основі енергетичного балансу потужностей, що *відрізняється* розробкою кінематичних модулів нових конфігурацій, встановленням та використанням їх властивостей, *що дає можливість* проведення оперативного аналізу силового режиму деформування і постадійного формоутворення деталей в процесах комбінованого деформування з декількома ступенями свободи витікання металу.

2) *Вперше* на основі аналізу експериментальних даних, проведених в камері високого тиску на зразках, що піддаються спільному крученню з розтягуванням, *встановлено*, що на пластичність здійснює основний вплив швидкість зміни показників напруженого стану або кривизна шляху деформування, тобто похідна шляху деформування в координатах «друга похідна від показника напруженого стану – накопичена інтенсивність деформацій», *що дає можливість* встановити межі застосовності

феноменологічних критеріїв деформівності без руйнування в залежності від характеру напруженого стану.

3) Розроблено комплекс математичних моделей процесів осесиметричного суміщеного радіально-поздовжнього видавлювання порожнистих і стрижневих деталей з фланцем, використання яких *дозволяє* встановити енергосилові режими процесу в залежності від технологічних параметрів і проаналізувати поетапну формозміну заготовки.

4) *Уточнено* розрахункові залежності для технологічних режимів деформування відносно високих заготовок, в яких врахована наявність і вплив проміжної недеформованої зони між автономними осесиметричними осередками деформації радіального і зворотного видавлювання металу, що дає можливість підвищити точність визначення поетапного приросту розмірів напівфабрикату при комбінованій деформації.

5) На основі енергетичного методу і методу скінченних елементів розроблено комплекс математичних моделей процесів комбінованого послідовного радіально-прямого видавлювання порожнистих деталей типу гільз і втулок, *які відрізняються* аналізом нових схем осесиметричного деформування і використання яких *дозволяє* встановити закономірності формоутворення деталі і силового режиму з урахуванням деформаційного зміцнення металу, геометричних параметрів інструменту, а також напружено-деформованого стану в залежності від переважаючого напрямку переміщення металу.

6) *Отримані* закономірності комбінованого процесу радіального видавлювання фланця і подальшого пробивання – відділення деталі типу кільця від багатоштучної заготовки і встановлена можливість підвищення гідростатичного тиску в зоні поділу за рахунок введення додаткового впливу висадкою фланця, що *створює умови* для якісного відділення деталі від вихідної заготовки.

4. Отримані результати мають певне значення для науки

1. Створені наукові основи розробки ресурсозберігаючих процесів об'ємного формоутворення точних деталей на основі способів комбінованого деформування заготовок з металів і сплавів, які включають систематизований метод використання кінематичних модулів швидкостей переміщень на основі енергетичних підходів, метод розрахунку граничної технологічної деформованості заготовки в процесах формоутворення, а також класифіковані елементи процесів для синтезу нових способів деформування заготовок, що забезпечують ефективне створення процесів, що вирішує актуальну науково-прикладну проблему.

2. Виконані автором розробка нових та систематизація КМШП забезпечують проведення оперативного аналізу силового режиму деформування і по стадійного формоутворення деталей в процесах комбінованого формоутворення з декількома параметрами свободи витікання металу на основі енергетичних підходів в обробці металів тиском, що розширює границі використання відомих методів.

3. Встановлене автором положення впливу на накопичення пошкоджень і їх залікування параметру швидкості зміни показника напруженого стану розширює уявлення феноменологічної теорії деформівності матеріалів, а також дозволяє більш ефективно розрахувати граничні параметри технологічних процесів холодного об'ємного формоутворення деталей.

5. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації, та їх достовірність.

Наукові положення, висновки та рекомендації дисертаційної роботи в повній мірі обґрунтовані з наукової і технічної точки зору. В теоретичних дослідженнях застосовано основні положення механіки твердого тіла, що деформується при великих пружно-пластичних деформаціях (теорії пластичності, обробки металів тиском. Експериментальні дослідження проводились на лабораторному та промисловому обладнанні з використанням

розроблених і виготовлених пристроїв. Чисельний аналіз і розрахункові експерименти нових технологій виконувались на комп'ютерних моделях побудованих в сучасних системах автоматизованого проектування - DEFORMTM-3D, Q-From 2D/3D.

6. Практична значимість отриманих результатів

Практичну цінність дисертаційної роботи представляють наступні її основні результати:

- класифікації процесів комбінованого деформування і видавлювання, отримані на основі застосування комбінаторного методу і методу морфологічних таблиць;

- методики моделювання процесів об'ємного деформування, в тому числі із застосуванням кінематичних модулів нових конфігурацій, що дозволяють оперативно і повно досліджувати процеси деформування при підвищеному ступені свободи витікання металу;

- нові способи комбінованого об'ємного деформування, засновані на використанні встановлених закономірностей формоутворення, що дозволяють підвищити ступінь керованості течією металу, рівень опрацювання заготовки, складність форми деталей, а також знизити нерівномірність деформованого стану і відхилення форми деталей;

- методики проектування технологічних процесів виготовлення прецизійних і великогабаритних порожнистих деталей типу гільз, втулок і кілець, що дозволяють знизити витрати на технологічну підготовку виробництва;

- новий принцип навантаження інструменту, що полягає у видаленні деталі з матриці спільно з пуансоном і подальшому зніманні деталі з пуансона поза межами матриці.

Методичні матеріали, рекомендації з проектування технологічних процесів і оснащення комбінованого деформування великогабаритних поковок і штампування в роз'ємних матрицях передані для промислового освоєння на ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод» (НКМЗ) і

ПАТ «Енергомашспецсталь» (ЕМСС), АТ «Мотор Січ», ПрАТ «Дружківський завод металевих виробів» (ДЗМВ). Сумарний економічний ефект від впровадження розробок склав 1750 тис. грн. очікуваний економічний ефект складає 2890 тис.грн.

Результати досліджень використовуються в навчальному процесі студентами та магістрами спеціальності ОМТ.

7. Повнота викладання в опублікованих працях основних наукових та прикладних результатів дисертації

Матеріали дисертаційної роботи опубліковані в 95 роботах, з них 5 статей в міжнародних наукових журналах, що входять в міжнародну базу даних Scopus, 52 статті опубліковані в журналах і збірниках наукових праць, з них 10 статей в зарубіжних виданнях, 25 статей у наукових фахових виданнях України, в тому числі 13 статей у збірниках, включених в міжнародні наукометричні бази даних; 15 робіт опубліковано в матеріалах міжнародних конференцій. Також матеріали опубліковано в 1 монографії та 4 колективних монографіях і 1 підручнику з грифом МОН України. Нові технічні рішення захищені 22 патентами України.

Проведено апробацію та обговорення матеріалів дисертації більш ніж на 30-ти конференціях та семінарах.

Публікації відповідають встановленим вимогам та достатньо повно відображають зміст роботи.

Структура та зміст роботи і автореферату співпадають між собою.

8. Зауваження по змісту і оформленню дисертації.

Зауваження по тексту дисертації

1. В назві дисертації відсутнє посилання на об'єкт, на який розповсюджується процеси об'ємного формоутворення (наприклад деталей, сотових конструкцій та інших) на основі способів комбінованого деформування (наприклад, металу, пластмас, композиційних матеріалів та інших).

Теж саме відноситься до мети роботи. І тільки в об'єкті дослідження з'являється термін «пластичне деформування», що звужує галузь дослідження.

Серед ключових слів не має слова - «метал», хоча дисертаційне дослідження не може відноситись до таких матеріалів, як пластмаси, композиційні матеріали, металеві конструкції, на які основні наукові положення дисертації не розповсюджується.

2. Стор.122-123 (рис. 2.1) замість термінів «висадження» краще використовувати термін «висадка», тим більш він широко використовується автором по тексту дисертації. Також замість «осадження» використовувати «осадка» та інші.

3. Не зрозуміло з викладеної методики на стор. 150, яким чином визначалась величина коефіцієнту тертя.

4. На мій погляд в дисертації не достатньо обґрунтований вибір трудомісткого методу аналізу процесу з врахуванням зміцнення (п. 6.2), тим більш наступна апробація його результатів в дисертації не реалізована.

5. В розділі 4 доцільно було б розглянути границі застосування енергетичного критерію деформування з використанням енергетичного ступеню використання запасу пластичності (який описано в розд. 1 на стор 99-100 та опублікований автором в роботі [319]). Відсутнє також порівняння його з прийнятим в роботі феноменологічним критерієм деформівності.

6. Автором розглянуте питання (розд.4 стор.223) підвищення технологічної пластичності при гарячому деформуванні за рахунок технологічних пауз, під час яких відбувається знеміцнення металу, що дозволяє істотно знизити силу деформування. На мій погляд для процесів гарячого пресування доцільно розглядати в подальшому процес відновлення технологічної пластичності та знеміцнення в залежності від швидкості деформування. В роботі [Титов В.А. Оценка технологических параметров формообразования моноколеса типа диффузор радиальной изотермической штамповкой из алюминиевого сплава АК4-1/ В.А. Титов, А.Д. Лавриненков, А.Ю. Басов // Вестник НТУ «ХПИ» - 2011, - №46. – с. 53-61] показано, що

зниження швидкості деформування дозволяє суттєво знизити зусилля та підвищити пластичність матеріалу.

7. Вивод деяких формул в розд. 5, наприклад (5.31) та (5.38) детально не наведений.

8. В дисертації вирішено питання виникнення утяжин, прогноз яких на стадії проектування процесів забезпечує якість виробу. Але задача ця вирішена тільки для плоского деформівного стану.

9. В цілому дисертація оформлена відповідно до вимог, але є деякі недоліки наприклад:

- в дисертації на графіках и рис. (5.48), (7.35) та на деяких інших не наведена розміри для геометрических параметрів;
- в дисертації не всі рисунки мають відповідні пояснення у підписунокних надписах, що утруднює роботу з текстом.

Зауваження по автореферату:

1. Стор.13 не розшифрований показник η - показник напруженого стану.
2. Стор. 24 – не вдалий термін « для поширених составів мастил коефіцієнт тертя (по відношенню к напруженню текучості) не перевищує 0,1».
3. В списку опублікованих робіт за темою дисертації в авторефераті не коректно наводити тільки номери патентів України, як це зроблено на стор.36.

9. Ідентичність автореферату та змісту дисертації

Автореферат в достатній мірі відповідає змісту дисертації.

10. Загальні висновки по дисертації

В цілому наведені зауваження не впливають на якість, наукову новизну та практичну значимість дисертації, тому їх можна розглянути як побажання. Вони можуть бути використані в подальшій роботі для розвитку процесів об'ємного пластичного деформування.

Дисертаційна робота **Алієвої Л. І.** «Розвиток наукових основ і розробка ресурсозберігаючих процесів об'ємного формоутворення на основі способів

комбінованого деформування», є завершеною науковою працею, що виконана автором особисто на належному рівні, яка має наукову новизну і практичну цінність. Робота вирішує важливу науково-прикладну проблему – створення та розвитку нових методів розрахунку та процесів об'ємного пластичного формоутворення деталей складної форми з металів і сплавів .

Дисертаційна робота «Розвиток наукових основ і розробка ресурсозберігаючих процесів об'ємного формоутворення на основі способів комбінованого деформування» відповідає вимогам п. 9 та п. 10 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567. Зміст дисертації відповідає формулі та напрямкам досліджень паспорта спеціальності. Вважаю, що її автор **Алієва Лейла Іграмотдіновна** заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри «Механіки пластичності
матеріалів і ресурсозберігаючих процесів»
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут»,
доктор технічних наук, професор,
Заслужений діяч науки і техніки України,
Лауреат Державної премії України
в галузі науки і техніки

В.А. Тітов

Підпис проф. Тітова В.А. засвідчую:

Учений секретар Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»



А.А. Мельниченко