

## **ВІДГУК**

офіційного опонента, кандидата технічних наук  
Шлика Сергія Вікторовича на дисертаційну роботу

### **Чайки Дмитра Сергійовича**

«Удосконалення процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів із забезпеченням їх раціональних технологічних параметрів», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»

Аналіз змісту дисертації Чайки Д. С. «Удосконалення процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів із забезпеченням їх раціональних технологічних параметрів» дозволяє зробити наступні висновки щодо актуальності, ступеня обґрунтованості основних наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності наукової новизни, практичного значення, а також загальної оцінки роботи.

**Актуальність теми дисертаційного дослідження** обумовлена тим, що вдосконалення заготівельної фази виробничого процесу є одним із найважливіших резервів підвищення ефективності виробництва, максимальної економії матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів. Саме для цього на виробництві потрібно намагатися створювати умови для максимального наближення форми і розмірів заготовки до форми і розмірів готових деталей, забезпечення необхідних фізико-механічних властивостей та їх раціонального виконання, максимальної економії матеріальних, трудових і грошових ресурсів.

На основі наведеного здобувачем сформульована актуальна наукова проблема, яка полягає: в аналізі існуючих методів та способів визначення розширення заготовок в осередку деформування при вальцюванні, а також впливу на нього наявності в заготовці позаконтактних зон (ПЗ) і ізотермічних умов деформування; розробці загальної методики для теоретичного дослідження параметрів процесів вальцювання та визначенні технологічних можливостей

деформування позаконтактної зони в умовах гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів; розробці математичних моделей з визначення розмірів розширення та фактичного осередку деформування з урахуванням геометричних форм калібрів і заготовок, що вальцюються; встановленні методу прогнозування появи дефектів при гарячому штампуванні поковок з алюмінієвих сплавів з попереднім вальцюванням.

У номенклатурі штампованих заготовок значний обсяг займають деталі подовженої форми зі змінним поперечним перерізом уздовж осі (важелі, качалки, ручки, кронштейни тощо). Як загальні підготовчі операції перед штампуванням деталей подовженої форми з алюмінієвих сплавів, які широко використовуються в авіа- та автомобілебудуванні, застосовують операції протягування під час кування або висаджування головок на горизонтально-кувальних машинах, а також вальцювання на кувальних вальцях.

Технологія гарячого вальцювання використовується для отримання фасонних заготовок з площами поперечних перерізів, які максимально наближені до розмірів та форми штампованих поковок, що дозволяє знизити норму витрати металу, підвищити стійкість штампів, а також скоротити витрату штампової сталі та електроенергії на виконання операції штампування. Крім того, зменшується трудомісткість виготовлення штампованих поковок і підвищується норма виробітку. Проте, при вальцюванні спостерігається неповне охоплення периметру поперечного перерізу заготовки, тому її бічні ділянки не зазнають безпосереднього обтиснення. Це спричиняє виникнення позаконтактних зон, які значною мірою впливають на характер течії металу та градієнт нерівномірності напружено-деформованого стану в заготовці, що призводить до появи дефектів у штампованих виробах і зниженню їх якості. Рівномірний процес деформування заготовки за відсутності зон з ускладненою деформацією забезпечить всебічну проробку структури та, як наслідок, зменшить різницю властивостей по об'єму заготовки. Тому, дослідження маловивченого механізму впливу позаконтактних зон на розширення при отриманні заготовок, що вальцюються, є актуальним

завданням, зважаючи на необхідність його врахування при їх проектуванні, а також розрахунку і конструюванні калібрів та вальцювальних секторів.

З огляду на вищевказане, тематика дисертаційного дослідження Чайки Д. С., присвячена удосконаленню технологічних процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів, яке б забезпечувало зниження градієнту нерівномірності деформації в осередку деформування, зниження зусиль деформування, покращення пластичності, а, відповідно, і підвищення якості виготовлених з них напівфабрикатів подовженої форми, є актуальною як в науковому, так і в прикладному плані.

### **Зв'язок з державними науковими програмами, планами та темами**

Дисертаційна робота виконувалася відповідно до «Стратегії розвитку вітчизняної авіаційної промисловості на період до 2020 року», схваленої розпорядженням Кабінету міністрів України від 27.12.2008р., № 1656 – р. та «Стратегії відродження вітчизняного авіабудування на період до 2022 року», схваленої розпорядженням Кабінету міністрів України від 10.05.2018р., № 429 – р.

### **Оцінка структури та змісту дисертації**

Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і восьми додатків. Загальний обсяг дисертації становить 244 сторінки, в тому числі 131 сторінка основного тексту, 107 малюнків та 17 таблиць. Список використаних джерел з 170 найменувань на 19 сторінках, додатки містять 25 сторінок.

У **вступі** викладено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність науково-технічної проблеми удосконалення технологічних процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів, показано відповідність роботи до стратегій розвитку вітчизняного, наведено мету та задачі досліджень, показано об'єкт, предмет та методи досліджень. Визначено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Розкрито особистий внесок здобувача та інформацію з апробації роботи і публікацій за її тематикою.

У **першому розділі** показано причини виникнення розширення та проведено аналітичний огляд праць, що стосуються розвитку теорії розширення з початку ХХ сторіччя. Визначено перелік основних методів та залежностей для аналітичного визначення розширення при вальцюванні на гладкій бочці та в калібрах, а також параметри, що комбінуються в них для досягнення максимальної відповідності до експериментальних даних. Розкрито причини виникнення позаконтактних зон, а також показано, що вони є одним з факторів, що мають значний вплив на напружено-деформований стан та розмір розширення при вальцюванні, але на даний час є дослідженими лише з точки зору оцінювання енергосилових параметрів процесу.

Встановлено необхідність дослідження розмірів та напружено-деформованого стану у фактичному осередку деформування, що є важливим при розкритті картини переміщень металу в області позаконтактних зон.

Визначено необхідність отримання розрахункових залежностей для розрахунку розміру коефіцієнту впливу наближених до ізотермічних умов деформування на розширення, що надасть можливість виконувати точні розрахунки розмірів вальцювальних калібрів в цих умовах.

Проаналізовано раніше розроблені системи моделювання та проектування технологічного процесу вальцювання, а також обґрунтовано необхідність розробки нової системи автоматизованого проектування із забезпеченням виконання раціональних технологічних параметрів процесу, що досліджуються в роботі.

**Другий розділ** присвячено вибору напрямку та методів теоретичного, імітаційного та експериментального досліджень, що забезпечують виконання їх раціональних технологічних параметрів. Імітаційні дослідження в роботі базуються на використанні методу скінчених елементів та нелінійного регресійного аналізу. Описано модель процесу деформування у програмному комплексі QForm3D, що використовується при розрахунках, а також метод визначення геометричних параметрів заготовок та фактичного осередку деформування при моделюванні. Показано методи та програмне забезпечення для

статистичної обробки даних, що використовуються при обчисленні параметрів для удосконалення існуючих формул апроксимації залежностей.

Автором розроблено методи, що використовувалися для дослідження та розробки коефіцієнтів впливу позаконтактних зон та наближених до ізотермічних умов деформування на розширення при деформуванні в гладких валках, а також для циліндричних заготовок при вальцюванні в гладких валках та калібрах. Визначено метод для якісної оцінки градієнту нерівномірності ступеня деформації.

Визначено найбільш придатний критерій для оцінювання деформівності металу при складному навантаженні під час вальцювання через розрахунок використаного ресурсу пластичності. Оцінка деформівності в області позаконтактних зон за модифікованим нелінійним критерієм, запропонованим В. А. Огородніковим, підтвердила можливість виконання бездефектного деформування у всіх діаметрів заготовок та ступенів деформування, що досліджуються в роботі.

На основі теорії подібності щодо визначення опору деформування в пластичній області, для алюмінієвих сплавів, що куються, через використання відомих даних за сплавом АК6 розроблено методику з розрахунку середнього питомого зусилля.

**Третій розділ** присвячено дослідженню впливу позаконтактних зон на розширення з використанням скінчено-елементного моделювання.

Наведено результати моделювання процесу прокатування прямокутних заготовок з різними розмірами та формою позаконтактних зон, для яких показано причини виникнення утягнення та залежність від нього поведінки позаконтактних зон. Також було підтверджено, що наявність позаконтактних зон в заготовці надає істотний вплив на поздовжню та поперечну деформації в осередку деформування. Показано, що для операцій з вальцювання заготовок циліндричного перерізу у гладких валках при ступенях деформування менших за 40...50 %, відсутність позаконтактної зони значно покращує рівномірність напружено-деформованого стану в осередку деформування та полегшує течію металу в поперечному напрямку.

Використання результатів моделювання в програмі QForm3D процесу вальцювання заготовок з алюмінієвого сплаву АК6 за найбільш поширеною схемою круг-овал, показало нелінійне зростання абсолютного розміру розширення зі збільшенням кривизни калібру та діаметру заготовок. Розраховано, що при рекомендованих для вальцювання за схемою круг-овал коефіцієнтах витягування вплив саме позаконтактних зон становить 10...60 % відносно розміру коефіцієнту нерівномірності деформації. Це надало підставу для удосконалення залежності з розрахунку розширення з урахуванням розробленого поправного коефіцієнту, що враховує вплив геометричних розмірів ПЗ та співвідношення розмірів калібру і заготовки на процес вальцювання. Автором розраховано, що використання удосконаленої залежності зменшує градієнт нерівномірності деформування на 25...50 %.

Для розрахунку розширення у випадках вальцювання прямокутних та циліндричних заготовок з алюмінієвих сплавів в умовах, наближених до ізотермічних, отримано графіки залежностей температурного коефіцієнту розширення від ступеня деформації.

На підставі теоретичних досліджень впливу форми позаконтактних зон та наближених до ізотермічних умов деформування на розміри фактичного осередку деформації визначено ступені деформування, за яких спостерігається найбільш раціональний режим деформування заготовок з різними позаконтактними зонами.

У **четвертому розділі** виконано експериментально-аналітичні дослідження процесу формозміни циліндричних зразків з різним діаметром зі сплаву АК6 в процесі виготовлення напівфабрикатів подовженої форми.

Розроблено методику прогнозування появи дефектів при гарячому штампуванні поковок із алюмінієвих сплавів в остаточному рівчаку після декількох операцій вальцювання та деформування в підготовчому рівчаку з використанням результатів аналізу процесу моделювання за методом скінченних елементів. Запропоновано зміни до рекомендацій з розрахунку розмірів підготовчих рівчаків для забезпечення раціональних технологічних параметрів деформуючого інструменту, зниження вимог до геометрії побудови підготовчого рівчака, що дозволяє краще перерозподілити метал по підготовчому рівчаку та, як

наслідок, знизити градієнт нерівномірності деформації по небезпечним перерізам при виготовленні поковок для деталей складної конфігурації

Виконано експериментальну перевірку використання удосконалених рекомендацій з розрахунку розмірів підготовчих ривчаків та аналітичних залежностей, що враховують вплив позаконтактних зон на розширення при вальцюванні. Аналіз результатів показав покращення відповідності розмірів підготовчого та кінцевого ривчаків за повної відсутності дефектів після закінчення операцій штампування, а також зменшення норми витрати вихідної заготовки.

Було проведено перевірку відповідності експериментальних даних з виготовлення деталі «Качалка» до розрахованих за удосконаленою математичною моделлю, що описує розширення, яка підтвердила адекватність її використання.

**В п'ятому розділі** описано розроблений програмно-методичний комплекс системи автоматизованого проектування технологічного процесу вальцювання розрахунку калібрів та створення тривимірних моделей вальцювальних секторів. Запропоновано етапи роботи комплексу, а також діаграми та алгоритми послідовностей виконання його роботи. До математичних моделей розрахунку введено закономірності зміни коефіцієнтів випередження та нерівномірності деформації по ширині калібру під час вальцювання в ньому заготовки з урахуванням впливу геометричних та температурних факторів. Реалізовано процес побудови технологічної оснастки у вигляді параметричних тривимірних моделей вальцювальних секторів та вихідної заготовки на базі отриманих розмірів калібрів. Також підтверджено економічну ефективність впровадження розробленого комплексу у виробництво.

Кожний розділ дисертаційної роботи закінчується висновками до нього.

У **висновках** викладені найбільш важливі наукові і практичні результати, одержані в дисертаційному дослідженні, наведено підсумки з виконаних завдань за метою дослідження, що сприяли вирішенню науково-практичних проблем.

**Список використаних джерел** відображає великий обсяг опрацьованої літератури та в повному обсязі охоплює тематику досліджень.

**Додатки** містять в собі інформацію з даними, що стосуються апробації роботи, довідникові дані, послідовність та алгоритми для моделювання та теоретичних розрахунків, акти впровадження результатів роботи.

Матеріали, що наведено в дисертації, є логічними та послідовно викладеними. Оформлення частин роботи та її структура в цілому відповідають вимогам та рекомендаціям з виконання кандидатських дисертацій згідно ДСТУ 3008:2015 – «Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання» (чинний від 1. 07. 2017 р.).

### **Наукова новизна отриманих результатів**

В дисертації містяться наукові положення, що характеризуються наступною новизною:

1. Вперше встановлено, як результат експериментально-імітаційних досліджень, вплив позаконтактних зон на розміри розширення та фактичного осередку деформування, а також рівномірність розподілу напружено-деформованого стану в процесах гарячого вальцювання циліндричних заготовок з алюмінієвих сплавів в овальних калібрах.

2. Аналітичним шляхом отримав подальший розвиток метод теоретичного дослідження опору деформування в осередку деформування при гарячому вальцюванні, який відрізняється від існуючих тим, що для розрахунку повного зусилля вальцювання для сплаву, який досліджується, використовуються визначені дані з розміру середнього питомого зусилля для базового сплаву, а також співвідношення даних з відносного подовження, межі пластичності та міцності для базового та досліджуваного сплаву.

3. Удосконалено математичну модель опису кінцевого формозмінення заготовки при гарячому вальцюванні, яка, на відміну від існуючих моделей, враховує вплив позаконтактних зон та температурного коефіцієнту при визначенні розміру розширення, що дає можливість зменшити градієнт нерівномірності деформації в осередку деформування заготовок, що вальцюються.



4. Отримав подальший розвиток метод оцінки деформівності металу при вальцюванні, який полягає у визначенні показників напруженого стану та використаного ресурсу пластичності в умовах гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів, що дозволяє оцінювати можливість руйнування матеріалу в області позаконтактних зон.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертації, їх достовірність і новизна**

У наведеній дисертації виконано глибокий аналіз літературних джерел, що стосуються стану проблем виробництва з використанням процесів гарячого вальцювання, за якого було обґрунтовано виконання всіх поставлених в роботі задач.

Достовірність теоретичних та розрахункових результатів підтверджується використанням сучасних програмних комплексів для моделювання процесів обробки тиском за методом скінченних елементів (QForm), аналітичною та статистичною обробкою числових розрахунків за допомогою пакетів AutoCad та Statistika.

Експериментальні дослідження та лабораторний аналіз виконувались на промисловому обладнанні з використанням переробленого інструменту. Перевірка вірності виконання математичних моделей, розроблених для удосконалення процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів, виконана за допомогою спеціальних експериментальних досліджень, які за регресійним та кореляційним аналізами підтвердили актуальність їх використання.

Обґрунтованість представлених у дисертаційній роботі Чайки Д. С. наукових положень, висновків і рекомендацій полягає у комплексному підході до вирішення поставлених наукових задач. Наукові положення, висновки і рекомендації дисертаційної роботи ґрунтуються на всебічному аналізі отриманих результатів та використанні сучасних наукових положень. Враховуючи вищевказане, обґрунтованість викладених в роботі положень не викликає сумніву,

а робота відповідає науковим вимогам до кваліфікаційних робіт рівня кандидату наук.

### **Практичне значення отриманих результатів**

Практичну цінність для подальшого розвитку різних напрямів обробки металів тиском мають всі основні положення і висновки роботи. В процесі виконання дисертаційної роботи було розроблено методики та рекомендації, а також програмно-методичний комплекс, які мають практичне значення для вирішення завдань з удосконалення процесу гарячого вальцювання на виробництві. З наведеного слід виділити наступні результати роботи, що мають найвищу практичну значущість:

1. Розроблена методика з розрахунку раціональних технологічних параметрів процесу гарячого вальцювання із врахуванням впливу на розмір розширення позаконтактних зон та ізотермічних умов деформування при розрахунках геометричних параметрів калібру, використання якої дозволяє краще перерозподілити метал, зменшити нерівномірність деформації по об'єму заготовки та підвищити якість виготовлених з неї напівфабрикатів.

2. Розроблена методика для прогнозування появи дефектів при гарячому штампуванні поковок з попереднім вальцюванням заготовок із алюмінієвих сплавів.

3. Запропоновані рекомендації, що полягають у визначенні розміру фактичного осередку деформування через використання результатів математичного моделювання з метою визначення ступенів обтиску, за яких при вальцюванні заготовок з алюмінієвих сплавів, в осередку деформування спостерігається менший градієнт нерівномірності деформації.

4. Запропоновані рекомендації для існуючої методики з розрахунку підготовчих рівчаків, за якими можливо наблизити розміри їх вертикальних ребер та радіусів переходів до відповідних розмірів кінцевих рівчаків, що покращує заповнення кінцевого рівчака з тонкими та високими ребрами, підвищуючи якість штампувань, що отримуються.

5. Розроблено програмно-методичний комплекс автоматизації процесу побудови епюри перерізів штампованої поковки, розрахунку технологічних параметрів вальцювальних калібрів і побудови тривимірних моделей вальцювальних секторів з урахуванням впливу позаконтактних зон та ізотермічних умов деформування на процес вальцювання.

Основні практичні результати роботи у вигляді рекомендацій з моделювання операцій обробки тиском складних заготовок були запропоновані для використання на ПАТ «Енергомашспецсталь» (м. Краматорськ) для удосконалення технологій деформування та розробки заходів щодо поліпшення процесу формоутворення виробів. Використання розробленої автоматизованої система розрахунку калібрів для вальцювання надало можливість проводити повністю автоматизовану розробку технологічного процесу вальцювання, чим підвищило ефективність виробництва на ПП НВЦ «Ухналь» (м. Київ).

Окремі результати дисертаційної роботи також використовувались при підготовці навчального посібника авторів С. О. Скрябіна, Д. С. Чайки та О. Є. Маркова «Методика автоматизованого проектування технологічного процесу та 3-D моделей калібрів при вальцюванні» та використовуються в навчальному процесі на кафедрах «Обробка металів тиском» Донбаської державної машинобудівної академії при викладанні дисципліни «Гаряче об'ємне штампування».

Можна підтвердити, що практичні результати отриманим здобувачем мають можливість для використання в подальших наукових працях та промислових розробках.

### **Рекомендації з використання результатів дисертації**

Дисертантом отримані нові результати, які є науково-методологічною основою розробки комбінованих конструкторсько-технологічних рекомендацій з удосконалення процесу гарячого вальцювання на виробництві і можуть бути ефективно використані на підприємствах машинобудування, приладобудування, металургійних, суднобудівних заводах та інших підприємствах України, на яких

застосовується виготовлення виробів штампуванням. Представлені методологічні принципи можна використовувати в науково-дослідних установах, в яких проводяться розробки в області чорної металургії та ковальського-штампувального виробництва, та закладах вищої освіти при підготовці фахівців в області обробки металів тиском.

### **Повнота викладення основних результатів дисертації в наукових фахових виданнях**

Матеріали дисертаційної роботи Чайки Д. С. опубліковано у 21 друкованій науковій праці, що повністю відображають її зміст, зокрема статей в журналах і збірниках наукових праць – 16 (з них одна стаття у зарубіжному фаховому виданні (Російська федерація)), статей у наукових фахових виданнях України – 15, тез доповідей на міжнародних конференціях – 3, тез на науково-технічних конференціях – 1. Матеріали досліджень і розробок опубліковано також в одному навчальному посібнику.

### **Апробація результатів дисертаційної роботи**

Результати дисертації доповідалися на 12 міжнародних і галузевих науково-технічних та науково-практичних конференціях та семінарах. Викладення складових частин наукової роботи та їх обговорення зі спеціалістами з обробки металів тиском було виконано на наукових семінарах кафедр провідних вищих навчальних закладів України (КПІ м. Київ, ВНАУ та ВНТУ м. Вінниця).

### **Дискусійні положення та зауваження по дисертаційній роботі**

Позитивно оцінюючи в цілому виконану роботу, вважаю необхідним зробити ряд зауважень і поставити декілька запитань, з приводу яких хотілося б почути думку автора:

1. У якості зазначених методів досліджень дисертантом, зокрема, вказано методи векторної графіки, хоча в роботі не розкрито повною мірою, де і як застосовано дані методи.

2. Автором виконано розрахунки технологічних параметрів вальцювання циліндричних заготовок в умовах, наближених до ізотермічного деформування. Крім того, автором вказано, що «...ізотермічні умови дозволяють деформувати в оптимальному термомеханічному режимі, за використанням явища надпластичності». Проте не вказано, за допомогою яких технологічних рішень досягаються ізотермічні умови процесу, та про який саме тип надпластичності йде мова. Наприклад, як відомо, структурна надпластичність досягається лише для металів та сплавів із певним розміром зерна та значно ускладнюється необхідністю забезпечення сталих малих швидкостей деформації.

3. У п. 2.1 роботи автор обмежується загальними відомостями стосовно методу скінченних елементів, проте слід було б більше уваги приділити параметрам розроблених скінченно-елементних моделей заготовок (зокрема, вказати застосований метод побудови та розміри граней сітки елементів, їх кількість тощо). Більше уваги слід було приділити також розрахунковій моделі загалом, зокрема, з тексту роботи незрозуміло, як при моделюванні процесу вальцювання враховувалося тертя між інструментом і заготовкою.

4. У п. 3.1.1 роботи стверджується: «Найбільше *утягнення* зразків з ПЗ трикутної форми... більше, аніж такі самі у зразків з прямокутними ПЗ», а також «Найбільше *розширення* спостерігається у заготовок з прямокутними ПЗ...». Хоча у даному розділі наведено опис залежності показника розширення заготовок з позаконтактними зонами різної форми від ступеня деформації при вальцюванні заготовок, наведений там же рисунок 3.2 вступає у певні протиріччя з даними твердженнями. Зокрема, при ширині ПЗ 10 мм для прямокутної (рис. 3.2, а; крива 3) та трикутної (рис. 3.2, б; крива 2) форм, а також при ширині ПЗ 20 мм для прямокутної (рис. 3.2, а; крива 5) та трикутної (рис. 3.2, б; крива 3) форм досягаються майже однакові значення показника розширення. Крім того, для кращого розуміння наведених графіків слід було використовувати однакові значення ширини ПЗ і однаковий масштабний фактор вісей координат графіків для позаконтактних зон обох форм.

5. У п. 3.1.2 на отриманих порівняльних епюрах опору, швидкості та

температурних полів деформації при вальцюванні заготовок циліндричного перерізу (рис. 3.5 – 3.8) слід було нанести межі наявних позаконтактних зон, оскільки для ступенів деформації, вищих за 60 %, не помітна різниця між випадками наявності та відсутності позаконтактних зон.

6. У п. 3.2 роботи стверджується: «Під час вальцювання заготовок в вальцювальних секторах, що не були попередньо нагріті,... температура заготовки в місці контакту з інструментом... є значно нижчою за температуру в осередку деформування... та в середині заготовки. При вальцюванні в умовах, наближених до ізотермічних – вирівнюється температура... по всьому перерізу заготовки...», що підтверджується графіками, наведеними на рисунку 3.30. Там же стверджується: «...температура заготовки у позаконтактних зонах все одно лишається вищою за температуру в місці контакту заготовки з інструментом, що свідчить про сприяння зменшенню розширення за рахунок вищої швидкості деформації у позаконтактних зонах». Ці висновки підтверджуються епюрами на рис. 3.15, де спостерігається кореляція полів температурного розподілу і швидкості деформацій, але вступають у протиріччя з рисунками 3.6 та 3.7, з яких видно, що при прокатуванні циліндричних заготовок температура у ПЗ є вищою за температуру в осередку деформування при нижчій швидкості деформації, а також з рисунками 3.18 та 3.21 (1), де спостерігається те ж саме при вальцюванні циліндричних заготовок при кривизні овальних калібрів  $i = 1,35$ . Також слід зазначити, що швидкість деформації у позаконтактних зонах суттєво відрізняється від швидкості в місці контакту заготовки з інструментом лише у випадку збільшення кривизни овальних калібрів до  $i = 2,01$ , як це показано на рис. 3.22, проте температура у ПЗ при цьому залишається приблизно однаковою із центральною зоною заготовки (рис. 3.21, 1).

7. В роботі слід було більш детально навести механічні характеристики матеріалів, що використовувались для виготовлення відповідних досліджуваних зразків і деталей. В математичних моделях розрахунку напружень і зусиль відсутні механічні характеристики або відповідні коефіцієнти, які враховують властивості матеріалу.

8. У четвертому розділі дисертації для штампованої поковки деталі «Фітинг» проведено експериментальні дослідження з виготовлення і моделювання процесу з використанням методу скінченних елементів. Останнє дозволило визначити процес утворення дефектів поковки для подальшого аналізу та корегування розмірів рівчачка. Але для деталей «Кронштейн», «Качалка» та «Основа» аналогічні моделювання у роботі не наведені, хоча це дозволило б зробити процес формоутворення цих деталей більш детальним та наочним. Крім того, незрозуміло, з якого матеріалу виготовлялася кожна конкретна деталь.

9. У розділі 5.2.1 роботи вказано, що у запропонованому програмному комплексі вихідними даними для процесу отримання значень площ поперечних перерізів штампованої поковки є модель формату SLDPRT або IGES. З точки зору інтеграції розробленого комплексу з SolidWorks API використання формату файлів .SLDPRT є зрозумілим, хоча застосування пропрієтарного файлового формату (розробник – Dassault Systèmes S.A.) вбачається не зовсім доцільним і більш бажаним є застосування файлів Initial Graphics Exchange Specification (IGES), які підтримуються більшістю сучасних CAD-систем. Крім того, незрозуміло, чи підтримується розробленим комплексом поряд із файлами IGES більш новий формат Standard for Exchange of Product model data (.STEP або .STP).

### **Зауваження по структурі та оформленню роботи**

Крім зазначених зауважень у роботі мають місце незначні неточності і помилки друку.

1. У п. 1.3.1 на рисунку 1.7 при розгляді різних випадків позаконтактних зон ілюстрації прокатування квадратного профілю на ребро та витягування полос круглого перерізу в плоских бійках переплутані між собою.

2. На рисунку 2.14 автор наводить схеми перетинів заготовок під час вальцювання в овальному калібрі без позаконтактних зон (рис. 2.14, а) та з позаконтактними зонами (рис. 2.14, б), хоча принципова різниця між двома наведеними схемами не помітна.

3. У роботі автором розглядаються сплави АК6, АК8, АМГ та АМЦ, для них же у Додатку Г роботи наведені параметри пластичності та опору деформації сплавів, проте у четвертому розділі для експериментальних досліджень серед інших застосовано сплав АК4-1, для якого дані взагалі відсутні.

4. У назві рисунку 4.9 допущено помилку – замість «...макроструктура поздовжнього перерізу заготовки, що вальцюється *під штампування*», швидше за все, малося на увазі «...макроструктура поздовжнього перерізу заготовки, що вальцюється *перед штампуванням*».

5. Діаграма, наведена на рис. 5.2, перекладена з російської мови частково, внаслідок чого містить багато неточностей.

### **Ідентичність автореферату змісту дисертації**

Автореферат в достатній мірі відповідає змісту і основним положенням дисертації. Тільки в пункті вступу «Обсяг і структура дисертаційної роботи» міститься друкарська помилка, кількість зазначених додатків вказано «вісім», а насправді їхня кількість становить шість – з А до Е. Також в кінцевому варіанті дисертації кількість використаних джерел становить 171, що говорить про друкарську помилку у вступі автореферату, де вказана кількість становить 170 найменувань.

### **Загальна оцінка дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота Чайки Д. С. за темою «Удосконалення процесів гарячого вальцювання заготовок з алюмінієвих сплавів із забезпеченням їх раціональних технологічних параметрів» являє собою закінчене наукове дослідження, виконане автором самостійно на актуальну тему, що містить нове розв'язання важливої наукової проблеми в галузі.

Зазначені недоліки та зауваження принципово не впливають на ступінь наукової новизни та практичної значимості отриманих в дисертаційній роботі результатів. Зроблені автором висновки і положення, що виносяться на захист, добре обґрунтовані, логічно випливають із отриманих даних і відповідають



поставленій меті й завданням дослідження. Зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи здобувача та можуть бути використані як побажання для подальшої роботи з наукового пошуку.

Дана робота оцінюється як така, що відповідає вимогам п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», а її зміст – напрямкам дослідження паспорту спеціальності. Вважаю, що автор дисертації, **Чайка Дмитро Сергійович**, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском».

Офіційний опонент,  
доцент кафедри технології машинобудування,  
Кременчуцького національний університету  
імені Михайла Остроградського,  
кандидат технічних наук

Шлик С. В.

