

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Отаманського Валентина Владиславовича «Технологічне забезпечення розмірних параметрів циліндричних виробів деформуючим протягуванням»,
подану для захисту на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.02.08 – Технологія машинобудування

1. Актуальність теми дослідження, її зв'язок з науковими програмами

Стратегічний розвиток сучасного машинобудування неможливий без впровадження високоефективних ресурсозберігаючих технологій. У цьому контексті деформуюче протягування займає особливе місце як метод, що забезпечує не лише високу продуктивність, а й унікальні можливості для керування якістю поверхневого шару та точністю виробів. Дослідження технологічного забезпечення розмірних параметрів циліндричних виробів деформуючим протягуванням є гострою потребою галузі у створенні надійних методів керування розмірними параметрами, особливо в задачах відновлення зношених деталей, де точність формоутворення визначає ресурс відновленого вузла. Робота має чітке спрямування, що відповідає державним пріоритетам та підкреслює стратегічну цінність результатів для національної економіки.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю створення науково обґрунтованого прогнозування розмірів для заготовок із кінцевою товщиною стінки, яке полягає у встановленні взаємозв'язку між деформацією виробу та зміною зовнішніх розмірів виробу, впливу режимних параметрів та геометрії інструменту на формоутворення, а також пояснення причин різної зміни осьового розміру (укорочення чи подовження) деталей.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі механічної інженерії та автомобільного транспорту Державного університету «Житомирська політехніка» у відповідності до постанови Кабінету Міністрів де підтверджується, що задачі технології машинобудування входять в перелік пріоритетних напрямків наукових досліджень і науково-технічних розробок в Україні «Нові ресурсозберігаючі, енергоощадні та екологічно безпечні процеси одержання конкурентоспроможних

речовин і матеріалів та виробів із них»; Положень про організацію наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності в Державному університеті «Житомирська політехніка» від 31.05.2019 р. №9/од.

Дисертаційна робота складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 151 найменування і 8 додатків. Повний обсяг роботи складає 260 сторінок машинописного тексту з додатками, у тому числі 83 рисунки та 9 таблиць.

2. Оцінка новизни досліджень і результатів роботи

Основний науковий результат дисертаційної роботи полягає у подальшому розвитку уявлень про механізм руйнування поверхневого шару отвору заготовки, який полягає у вичерпанні ресурсу пластичності в зоні локальної пластичної деформації за ділянкою контакту; розробці умови деформування заготовок групою деформуючих елементів, які полягають у послідовному вичерпанні ресурсу пластичності спочатку на зовнішній поверхні, а потім на внутрішній; встановлені зв'язку необхідної окружної деформації зовнішньої поверхні із сумарним натягом на отвір.

– **вперше** при імітаційному моделюванні деформуючого протягування встановлено механізм руйнування (мікрорушення) поверхневого шару отвору заготовки, який полягає у вичерпанні ресурсу пластичності матеріалу в зоні локальної пластичної деформації за ділянкою контакту. Визначальним фактором руйнування є зміна напруженого стану металу на внутрішній поверхні заготовки при виході із зони контакту, де він знаходився в напруженому стані, близькому до всебічного стиску, до напруженого стану, близького до двовісного розтягування, обумовленого появою позитивного значення гідростатичного тиску, осьових та колових розтягувальних напружень, що інтенсивно вичерпує ресурс пластичності на внутрішній поверхні заготовки;

– **вперше** встановлено, що найбільший рівень вичерпання ресурсу пластичності матеріалу на внутрішній поверхні при деформуванні заготовки різною кількістю деформуючих елементів за однакового сумарного натягу досягається за умови використання максимальної кількості деформуючих елементів з мінімальним натягом на кожен, що дало змогу розробити схему

керування вичерпанням ресурсу пластичності матеріалу заготовок послідовними групами деформуючих елементів, за якої перша група елементів забезпечує зниження використання ресурсу пластичності на внутрішній поверхні, а друга – на зовнішній;

– **вперше** встановлено зв'язок необхідної окружної деформації зовнішньої поверхні заготовки з сумарним натягом на отвір. Показано, що окружна деформація зовнішньої поверхні не залежить від кута нахилу твірної робочого конуса, а визначається тільки товстостінністю заготовки і сумарним натягом;

– **набули подальшого розвитку** особливості деформування заготовок з кінцевою товщиною стінки, які полягають у одночасному виникненні зон локальної пластичної деформації в місцях сполучення ділянки контакту з позаконтактними зонами в умовах досягнення в осередку деформації критичного контактного тиску;

– **набули подальшого розвитку** закономірності керування осьовими розмірами виробу при деформуючому протягуванні, згідно з якими величина контактного тиску в осередку деформації визначає знак і величину осьової деформації заготовки.

3. Оцінка достовірності і обґрунтованості положень дисертації

Наукові положення і висновки, які сформульовані в дисертаційній роботі, достатньо обґрунтовані з наукової точки зору і підтверджуються результатами проведених експериментальних досліджень. При виконанні дисертаційної роботи використано комплекс теоретичних, чисельних та експериментальних методів досліджень, а саме: положення теорії пружності, пластичності та механіки суцільного середовища для аналізу напружено-деформованого стану заготовок при деформуючому протягуванні; положення теорії подібності та розмірного аналізу для обґрунтування вибору безрозмірних геометричних параметрів заготовок; метод скінченних елементів, реалізований у програмному комплексі Deform 2D/3D, для дослідження механіки пластичного деформування; графічно-аналітичний метод та методи апроксимації даних для побудови розрахункових залежностей; експериментальні дослідження для верифікації результатів моделювання; метод візіопластичності для визначення характеристик осьової деформації заготовок.

4. Цінність наукових результатів для науки та практики

Цінність для науки та практики результатів досліджень, одержаних здобувачем, полягає у наступному:

- удосконалено експериментально отримані рекомендації для проєктування інструменту з груповим розташуванням деформуючих елементів;
- розроблено шляхи оптимізації досягнення необхідних розмірів виробу, що полягають у встановленні технологічного впливу режимів протягування, геометрії інструменту та товстостінності заготовки на розміри внутрішньої та зовнішньої поверхонь, а також на осьовий розмір обробленої заготовки;
- отримано залежність для визначення необхідного натягу, який забезпечує потрібне значення окружної деформації зовнішньої поверхні;
- удосконалена методика визначення діаметру обробленого отвору за рахунок результатів, отриманих при симулюванні процесу;
- встановлений зв'язок діаметра обробленого отвору з режимами протягування та товстостінністю заготовки;
- доведено необхідність перевірки деформації зовнішньої та внутрішньої поверхні деталі після пластичного деформування по параметру використаної пластичності матеріалу, що забезпечує поліпшену якість деформованої робочої поверхні після хіміко-термічної та термічної обробки;
- розроблено методику послідовної реалізації пластичного формоутворення розмірів виробу, що полягає у визначенні окружної деформації та необхідної деформації отвору;
- розроблено схему технологічного процесу обробки або відновлення з використанням пластичного деформування циліндричних деталей, що дозволило визначити режими протягування і геометрію інструменту, які забезпечать отримання необхідних розмірів, при мінімізації використаного ресурсу пластичності;
- новизна технічних рішень здобувача підтверджується патентом України на корисну модель №161508 Україна: (МПК 2025.01, B23D 43/00. № u 2025 02990);
- результати наукового дослідження впроваджені в освітній процес Державного університету «Житомирська політехніка» та рекомендовані до

впровадження в процеси механічної обробки на «Пак-Трейд».

5. Ступінь висвітлення основних результатів дисертації у наукових виданнях

Основні положення дисертаційної роботи в достатній мірі відображені в авторефераті. Зміст автореферату та основні наукові результати дисертації ідентичні. Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертації, викладені у 17 наукових праць, з них: 3 статті у наукових фахових виданнях України (одноосібних – 1, 1 стаття категорії «А» у виданні, що індексуються у міжнародній наукометричній базі Web of Science), 2 статті у виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах Scopus, Web of Science, 1 стаття у періодичному науковому виданні держави, яка входить до ОЕСР та ЄС, 1 патент України на корисну модель, 1 колективна монографія та 9 публікацій апробаційного характеру в інших наукових виданнях.

6. Загальна характеристика роботи

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету й завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, наукову новизну і практичну цінність роботи. Подано відомості про апробацію, публікації та структуру дисертаційної роботи.

У першому розділі приведено аналітичний огляд робіт присвячених деформуючому протягуванню, який включає інформацію про деформуюче протягування як процес холодного пластичного деформування, формоутворення заготовок, осередок деформації, його кінематичні та геометричні параметри, напружено-деформований стан та пластичність металу.

У другому розділі розглянуто загальна методика досліджень, яка включає обґрунтування вибору матеріалу для проведення досліджень, розмірів досліджуваних заготовок та планування експериментів, інформацію про обладнання та інструмент для проведення досліджень, методику визначення розмірів та осьових деформацій оброблюваної заготовки, експериментальну методику визначення фактичної довжини контакту інструменту з оброблюваною поверхнею, методики визначення фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, методика імітаційного моделювання схеми осередку деформації та

визначення напружено-деформованого стану при деформуючому протягуванні заготовок із пластичних матеріалів програмним комплексом, методика визначення використаного ресурсу пластичності під час деформуючого протягування.

У третьому розділі наводяться результати моделювання напружено-деформованого стану заготовок та оцінки пластичності матеріалу при деформуючому протягуванні, в які входить уточнення схеми взаємодії інструменту із заготовкою при деформуючому протягуванні; напружено-деформований стан при деформуючому протягуванні заготовок із пластичних матеріалів, пластичність матеріалу заготовок, оброблених деформуючим протягуванням та вплив на неї технологічних факторів процесу.

У четвертому розділі розглядається керування формоутворенням при деформуючому протягуванні заготовок з кінцевою товщиною стінки із пластичних матеріалів, в яке входять деформації під час обробки деформуючим протягуванням та їх вплив на формоутворення, деформації на зовнішній та внутрішній поверхнях оброблених заготовок та забезпечення їх розміру, осьові деформації та формоутворення довжини заготовки, розробка технологічного процесу обробки деталі «втулка» з використанням деформуючого протягування.

Розглянуті в роботі питання логічно і структурно пов'язані між собою, зміст розділів розкриває їх сутність і відповідає задачам, які були висунуті в роботі.

7. Недоліки і зауваження по роботі

1. В роботі докладно обґрунтовано вибір матеріалу та основні результати отримані переважно для сталі 12ХНЗА, але для підтвердження універсальності встановленого механізму руйнування поверхневого шару отвору заготовки, було б доцільно розширити дослідження на інші метали або сплави.

2. Використана методика визначення використаного ресурсу пластичності при деформуванні товстостінної заготовки не враховує немонотонний характер деформації (перехід від напливу попереду ділянки контакту до зони контакту заготовки і інструменту та в подальшому до напливу за ділянкою контакту), що впливає на достовірність результату. Робота містить достатньо інформації для того щоб визначати величину використаного ресурсу пластичності з використанням критеріїв що враховують направлений характер процесу накопичення пошкоджень.

3. В роботі здійснені випробування зразків із сталі 12ХН3А для побудови кривої течії але крива не описана апроксимуючим рівнянням і в подальшому результати цих експериментальних досліджень не використовуються. Оскільки напружено-деформований стан було отримано за допомогою програмної системи імітаційного моделювання, в якій уже закладена крива течії для аналогу сталі 12ХН3А, тому проводити випробування для побудови кривої течії вважаю зайвим.

4. Оскільки робота в основному присвячена технологічному забезпеченню розмірних параметрів циліндричних виробів деформуючим протягуванням, то бажано було б ще розглянути вплив зношування інструменту на забезпечення точності розмірів при обробці великих партій деталей, з огляду на те, що протягування є високопродуктивним процесом.

5. В роботі використана досить нестандартна методика побудови діаграми пластичності, яка дозволяє уникнути загальновідомих труднощів при випробуваннях зразків із пластичних металів на розтяг, стиск і кручення, але в тексті відсутня інформація про отримання точки на діаграмі пластичності (рис. 3.29), що відповідає значенню показника жорсткості напруженого стану $\eta=0$.

6. Недостатньо висвітлено вплив протягування кількома деформуючими елементами на теплові явища в осередку деформації, що також може бути критичним для забезпечення необхідних розмірів деталі.

7. Експериментальні дослідження представлені тільки протоколами результатів, бажано було б показати реальні фотографії зразків після випробувань та характер руйнувань.

8. При оцінці впливу кількості деформуючих елементів на величину використаного ресурсу пластичності ступінь деформації зростає із збільшенням кількості деформуючих елементів. Але з точки зору впливу такого багатоетапного деформування на величину використаного ресурсу пластичності були б корисними дослідження коли різними кількостями деформуючих елементів досягається однакова ступінь деформації.

9. П. 1.5 «Пластичність при ДПР» слід було узгодити з назвою п. 1.5.1 «Експериментальні методи визначення граничної деформації до руйнування при різних напружених станах» оскільки більше пунктів в цьому параграфі немає.

10. На рис. 3.2 не позначена вісь абсцис, зустрічаються невдалі сполучення на кшталт – «локально локального пластичного деформування» (стор. 144) тощо.

8.Заклучна оцінка дисертаційної роботи

Відзначені недоліки не знижують наукову і практичну цінність роботи, не впливають на її позитивну оцінку, відносяться до характеру методичних зауважень і побажань для подальших досліджень.

На підставі вказаного вище, вважаю що дисертація «Технологічне забезпечення розмірних параметрів циліндричних виробів деформуючим протягуванням» є завершеною науково-дослідною роботою, виконаною на сучасному рівні, у якій вирішено важливу науково-практичну задачу наукового обґрунтування і реалізації формоутворення деформуючим протягуванням при керованій пластичній зміні розмірів заготовок з кінцевою товщиною стінки із пластичних металів.

Результати роботи впроваджені в освітній процес та рекомендовані до впровадження у виробництво. Дисертаційна робота за актуальністю, новизною, практичною цінністю, кількістю публікацій і апробацій повністю відповідає вимогам щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а саме п. п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567, а її автор **Отаманський Валентин Владиславович** заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – Технологія машинобудування.

Офіційний опонент:

Професор кафедри галузевого машинобудування
Вінницького національного технічного університету
доктор технічних наук, професор

Роман СИВАК

Підпис Сивака Р. І. засвідчую

Вчений секретар

