

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертацію **Слободянюк Юлії Олегівни**

«Підвищення ефективності волочіння зварювального дроту з маловуглецевих сталей на основі теорії деформовності», представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – «Процеси та машини обробки тиском»

1. Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 97 найменувань і 3 додатків. Робота викладена на 162 сторінках, з яких 112 сторінок основного тексту. У розділах дисертації міститься 63 рисунка і 25 таблиць, з яких 2 рисунка розміщені на 2 окремих сторінках; список використаних джерел та додатки займають 31 сторінку.

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

У **вступі** обґрунтована актуальність та наведена загальна характеристика роботи, виділені предмет і об'єкт дослідження, вказані наукова новизна і практична цінність роботи, їх апробація, впровадження і особистий внесок здобувача.

В **першому розділі** розглянуто сучасні підходи щодо проектування процесу волочіння зварювального дроту, виявлені та проаналізовані основні чинники, які впливають та формують показники якості обмідненого дроту.

На підставі аналітичного огляду поставлені мета і задачі дослідження.

У **другому розділі** обґрунтовано вибір напрямку та методів дослідження.

Сформовано карту матеріалів G3Si1 та Св-08Г2С в стані постачання до якого було включено наступні функції: криву течії, стандартні механічні характеристики, діаграму пластичності, криву Баушингера та градувальник графік твердість-напруження-деформації.

Проведені експериментальні дослідження мікроструктури та визначення

кількісного елементного складу із застосуванням скануючої електронної мікроскопії та мікрорентгеноспектрального аналізу на базі аналітичного комплексу, що складається з скануючого електронного мікроскопа JSM-35CF фірми JEOL (Японія) і рентгенівського спектрометра з дисперсією по енергії рентгенівських квантів (модель INCA Energy-350 фірми Oxford Instruments (Великобританія)).

Третій розділ було проведено мікроструктурний та рентгеноспектральний аналіз зразків зварювального дроту, які характеризуються стабільним та нестабільним горінням дуги.

З метою з'ясування механічних властивостей катанки плавок 21181 та 260399 було проведено випробування на розтяг для побудови кривих течій, які були апроксимовані за степеневою функцією П. Людвіга.

У четвертому розділі виконано аналіз розподілу деформацій по перерізу, особливостей шляхів деформування, а також здійснено оцінку деформовності дроту. Отримана феноменологічна модель зміцнення маловуглецевих сталей в процесі їх багатоступінчатого волочіння.

Побудована обчислювальна схема, що дозволяє врахувати третій інваріант тензора напружень відповідно до критерію деформовності (1.16) та оцінити вплив цього інваріанту на деформівність маловуглецевого зварювального дроту в процесі його волочіння в існуючих на практиці маршрутах волочіння і здійснити в подальшому на цій основі оцінку технологічної спадковості у вигляді залишкової пластичності, твердості тощо.

Отримана феноменологічна модель зміцнення маловуглецевого зварювального дроту (марок G3Si1 та Св-08Г2С) в процесі волочіння встановлює залежність коефіцієнтів кривої зміцнення (за двопараметричною функцією П. Людвіга) від інтегральної деформації витягування. Коефіцієнт деформаційного змінення прямує асимптотично до константи, що наближається до нуля, тобто матеріал дроту з великими степенями витягування набуває властивостей ідеально пластичного матеріалу. Модуль зміцнення має властивість до експоненціального зростання. Модель також можна використати для відповідних розрахунків для реологічно подібних (до

досліджених) матеріалів, що значно розширює межі її практичного використання.

Розроблено методику проведення вхідного контролю катанки для виробництва дроту з маловуглецевих сталей, що дозволяє за результатами випробувань на розтяг розрахувати криву течії, показники міцності, пластичності дроту на будь-якому етапі волочіння, а отже спрогнозувати механічні властивості готового дроту різних діаметрів.

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

Список використаних джерел є інформативним, достатньо повно охоплює зазначену галузь знань та відображає великий обсяг оброблених джерел.

Структура та зміст роботи і автореферату співпадають між собою. Матеріали дисертації викладені достатньо логічно та послідовно і відповідають вимогам до оформлення кандидатських робіт.

2. Актуальність теми дисертаційного дослідження.

Основним процесом виробництва дроту маловуглецевих сталей є процес волочіння із катанки діаметром 6,5 або 5,5 мм до необхідного діаметру 1,6, 1,2, 1,0 або 0,8 мм. Сучасна технологія передбачає виробництво зварювального дроту без операції проміжного відпалу. Досить часто виготовити дріт без операції проміжного відпалу із необхідними характеристиками є неможливим. В зв'язку з цим пред'являються чіткі вимоги до катанки та виникає гостра необхідність у максимальному використанні пластичності матеріалів маловуглецевих сталей. Тому раціональне проектування технологічного процесу волочіння дроту без операції проміжного відпалу є актуальним питанням, вирішення якого дозволить значно скоротити процес виробництва та збільшити продуктивність. Так, постає необхідність у максимальному використанні пластичності матеріалів маловуглецевих сталей з метою розробки раціональної технології виробництва дроту даних марок. Для забезпечення безвідмовності процесу волочіння та виготовлення

зварювального дроту належної якості необхідно здійснення відповідних розрахунків, які не можливо здійснити без відомостей про карту матеріалу.

З метою запобігання ризиків щодо виробництва неякісної продукції доцільно використовувати експрес-методи прогнозування механічних характеристик дроту після проходження через кожну волоку. До теперішнього часу не відомо вдалих спроб теоретичної систематизації процесів волочіння за механічними властивостями металів, тому доцільно будувати математичні моделі за феноменологічним принципом із врахуванням явищ зміцнення при багатоперехідному волочінні для окремих марок матеріалу. Тому проектування виробництва зварювального дроту із виключенням його розривів при багатоступінчастому волочінні з використанням феноменологічних зв'язків між коефіцієнтом витягування та параметрами кривої зміцнення маловуглецевої сталі дозволить зменшити ризики виготовлення неякісної продукції.

У зв'язку з вищевикладеним тема дисертаційної роботи, яка присвячена підвищенню ефективності процесу волочіння зварювального дроту з маловуглецевих сталей на основі теорії деформовності, є актуальною.

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

Дисертаційна робота виконана відповідно до «Державної програми розвитку внутрішнього виробництва» (постанова Кабінету Міністрів України від 12.09.2011, № 1130). Тема дисертаційної роботи відповідає науковому напрямку кафедри опору матеріалів та прикладної механіки ВНТУ і наукової школи "Розвиток феноменологічної теорії руйнування матеріалів при великих пластичних деформаціях та розробка на цій основі нових та удосконалення існуючих технологій обробки металів тиском". Робота виконана в рамках науково-дослідних робіт (номер державної реєстрації тем 0116U004438, 0117U005540), в яких авторка брала участь як виконавець.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Найбільш суттєві наукові результати дисертації включають в себе:

- отримав подальший розвиток метод оцінки деформовності в процесі волочіння, який на відміну від існуючих полягає в такому: за допомогою

методу скінченних елементів отримано модель нерівномірності розподілу накопиченої інтенсивності деформацій, побудовано достовірні шляхи деформування в характерних точках по перерізу дроту, обґрунтовано застосування скалярного феноменологічного критерію деформовності із врахуванням третього інваріанта тензора напружень, що дозволило здійснити оцінку деформовності металу дроту в процесі його багатоступінчастого волочіння;

- вперше експериментально-розрахунковим шляхом отримано та проаналізовано закономірності, які дають достатню уяву про поведінку матеріалів в процесі їх холодного багатоступінчастого волочіння, на основі яких сформовано карту матеріалу на прикладі маловуглецевих сталей G3Si1 та Св-08Г2С (складається з кривої течії, діаграми пластичності, кривої Баушингера та градувального графіка твердість-напруження-деформації), що дозволяє коректно виконати моделювання процесу волочіння, призначати режими та спрогнозувати якість продукції;

- отримала подальший розвиток модель зміцнення маловуглецевого зварювального дроту в процесі холодного волочіння, яка на відміну від існуючих встановлює залежність коефіцієнтів апроксимації кривої зміцнення металу від інтегрального ступеня деформації;

- вперше встановлено, що значення показника деформаційного зміцнення (за двопараметричною степеневою функцією Людвіга) вихідної сировини-катанки маловуглецевої сталі є важливим фактором прогнозування якості виготовленого дроту за його зварювально-технологічними характеристиками.

4. 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 використано методи ліній ковзання та скінченних елементів. Експериментальні дослідження проводились на лабораторному та промисловому обладнанні з використанням розроблених і виготовлених

інструментів. Чисельний аналіз і моделювання нових технологій виконувались на комп'ютерних моделях, побудованих в сучасних системах автоматизованого проектування – LS DYNA.

5. Практична значимість отриманих результатів

До практичної цінності результатів роботи можна віднести:

- методиці оцінки деформовності дроту в процесі його холодного багатос-тупінчастого волочіння на основі феноменологічної теорії деформовності;

- підході визначення граничних технологічних параметрів (коефіцієнта ви-тягування) для процесу волочіння, що дозволяють на етапі вхідного контролю катанки за допомогою випробування на розтяг прогнозувати виготовлення дроту різних діаметрів без операції проміжного відпалу;

- методиці формування карти матеріалу для процесу його холодного бага-тоступінчастого волочіння;

- методиці прогнозування показників якості готової продукції – за механічними властивостями дроту після волочіння та за зварювально-технологічними властивостями дроту (стабільністю горіння дуги) без проведення трудомісткого мікроструктурного та хімічного аналізу.

Результати дисертаційної роботи впроваджені на ПрАТ «ПлазмаТек» та у навчальному процесі Вінницького національного технічного університету.

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

Матеріали дисертаційної роботи викладено в 17 публікаціях. Серед них: 5 статей в спеціалізованих фахових виданнях згідно переліку МОН України, 1 стаття у закордонному періодичному виданні, що входить до науково-метричної бази даних SCOPUS, 1 патент України на корисну модель, 10 тез доповідей на конференціях.

Публікації відповідають встановленим вимогам та достатньо повно відображають зміст роботи.

7. Зауваження по змісту і оформленню дисертації.

- 1 Недостатня увага приділена методам підвищення технологічної

пластичності, як основний спосіб розглядається проміжний відпал, а деформаційні методи не розглядаються.

2 В розділі 2 зазначається, що виникнення пор обумовлено газовою природою і обумовлюється наявністю азоту. Це може викликати сумніви оскільки величина вимірів його складу (табл. 3.6) наближена до похибки вимірювань.

3 На мій погляд, недостатньо обґрунтованим у п. 8 висновків є показники: «зменшення часу на технологічну підготовку (до 100%), економії матеріальних та енергетичних ресурсів (до 10%)», також не вказано на скільки підвищилась ефективність виробництва зварювального дроту за рахунок отримання продукції з прогнозованими характеристиками якості.

Зауваження по тексту дисертації:

- у розділі 2 використовуються два терміни «технологічний паспорт матеріалу» та «карта матеріалу», вважаю за доцільне усюди використовувати «карта матеріалу».
- у рис. 4.2 – 4.4 необхідно було б вводити буквені позначення (а, б, ...) для вкладених малюнків. Не зрозумілий термін «Інтенсивність нормальний напружень» (рис. 4.2).

Вказані зауваження не знижують науково-технічного рівня дисертації, а можуть розглядатись як побажання для подальшого розвитку процесу. Тому зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації, її наукових та практичних результатів.

8. 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 поверхневої пластичної деформації.

Дисертаційна робота «Підвищення ефективності волочіння зварювального дроту з маловуглецевих сталей на основі теорії деформовності» відповідає вимогам пп. 9, 11, 12 „Порядку присудження наукових ступенів”. Зміст дисертації відповідає напрямкам досліджень паспорта спеціальності. Вважаю, що її автор **Слободянюк Юлія Олегівна** заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.03.05 – процеси та машини обробки тиском.

Офіційний опонент,
доцент кафедри Прикладної гідроаеромеханіки і
механотроніки Національного технічного університету
України “Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”,
кандидат технічних наук, доцент,
лауреат премії Президента України
для молодих вчених

А.В. Тітов

Підпис засвідчую,
Вчений секретар
Національного технічного університету
України “Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського”



А.А. Мельниченко