

**Відгук
офіційного опонента**

доцента кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій
Національного технічного університету України КПІ ім. Ігоря Сікорського,
доктора технічних наук Анякіна Миколи Івановича

на дисертаційну роботу Кондакова Андрія Вадимовича «Технологічне
забезпечення керованого формування параметрів поверхневих шарів сталей
при електроерозійній обробці дротяним електродом» на здобуття ступеня
доктора філософії з галузі знань 13 – «Механічна інженерія» за спеціальністю
131 «Прикладна механіка»

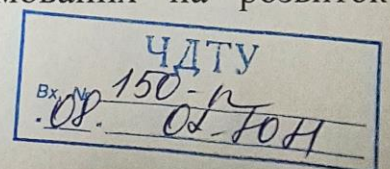
Відгук підготовлено за матеріалами дисертації, яка має вступ, 4 розділи, висновки, список використаних джерел та додатки. Загальний обсяг дисертації складає 190 сторінки, з них обсяг основного тексту – 153 сторінок, 67 рисунків, 20 таблиць, список використаних джерел складає 143 найменування.

1. Актуальність обраної теми

З розвитком сучасних технологій в галузі машинобудування особливої уваги набуває електроерозійна обробка, як один із найпоширеніших методів високоефективного виробництва завдяки своїм унікальним можливостям прецизійної обробки твердих та надтвердих струмопровідних матеріалів. Попит на макро- та мікрокомпонентиз таких матеріалів швидко збільшується в автомобільній, аерокосмічній, електронній, оборонній промисловості та в галузі медицини.

Разом з тим, алгоритми розрахунку продуктивності та шорсткості, засновані на режимах обробки, характерних для верстатів 70-80-х років минулого століття, не дозволяють достатньо точно прогнозувати результат обробки, у результаті чого, потужність генератора використовується не завжди ефективно і не в повній мірі задовольняються вимоги до мікрогеометрії, товщини та фізико-механічних властивостей поверхневих термічно змінених шарів. З врахуванням цього, задача подальшого розширення бази даних для технологічного забезпечення керованого формування параметрів поверхневих шарів сталей при електроерозійній обробці дротяним електродом є актуальною.

Тема дисертаційної роботи відповідає основним цілям державної програми розвитку машинобудування від 2006 року затвердженої постановою КМУ за номером 516 на період 2006-2011 рр. Зокрема: «Забезпечення споживачів сучасною високоефективною продукцією машинобудування вітчизняного виробництва», «Інноваційний розвиток та ефективна конкурентоспроможність всіх інших секторів регіональної економіки», «Розроблення цільових комплексних програм, спрямованих на розвиток



окремих підгалузей машинобудування». Також узгоджується з основними цілями проекту Стратегії розвитку промислового комплексу України від 2018 року на період до 2025 року. Зокрема: «Модернізація та зростання промислового виробництва», «Підвищення ресурсоефективності промисловості», «Сприяння цифровізації промисловості».

1. Аналіз основного змісту дисертації

Зміст роботи відповідає завданням дослідження та сформульованим задачам. Суть проведених досліджень направлена на підвищення ефективності технологічного забезпечення прогнозування та керованого формування мікрогеометрії та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів сталей при електроерозійній обробці дротяним електродом. Предметна спрямованість дисертаційного дослідження відповідає науковій спеціальності 131 – Прикладна механіка.

У вступі наведено загальну характеристику дисертаційних досліджень, їх актуальність, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, предмет та об'єкт дослідження, сформульовано мету та задачі наукового дослідження.

У першому розділі проведений аналіз стану проблем та чинників, що мають вплив на формування якості поверхонь при електроерозійній обробці дротяним електродом. Розглянуті параметри сучасних генераторів технологічного струму електроерозійних вирізних верстатів та механізми їх впливу на формування одиничної ерозійної лунки, продуктивність процесу різання та якість сформованих поверхонь.

У другому розділі представлено методики та обладнання для реалізації комплексу експериментальних досліджень керованого впливу основних параметрів електроерозійного дротяного вирізання на формування мікрогеометрії, структури та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів сталей.

Третій розділ присвячений теоретичним та експериментальним дослідженням процесів формування геометрії одиничної ерозійної лунки та мікрогеометрії поверхонь утворених масовою дією розрядів при електроерозійному дротяному вирізанні. Виявлено закономірності зміни енергоефективності процесу руйнування конструкційної Сталі 45 в обраному діапазоні режимів роботи генератора. Отримані закономірності виникнення та впливу вібрацій дротяного електроду-інструменту на формування мікрогеометрії оброблених поверхонь. Розроблено математичну статистичну модель для розрахунку впливу вібрацій дротяного електрода-інструмента на мікрогеометрію оброблених поверхонь.

В четвертому розділі наведено результати системного комплексу досліджень по визначенню мікротвердості, структури та товщини зони термічного зміцнення в якісній вуглецевій конструкційній Сталі 45 після електроерозійного дротяного вирізання. Отримані результати забезпечують

поповнення бази даних та розширення уявлень про закономірності впливу часово-енергетичних характеристик імпульсів технологічного струму на формування термічно зміцненого шару якісних вуглецевих сталей.

Проведена серія чисельних експериментів в цілому підтвердила отримані експериментальні результати, що дозволяє з похибкою, що не перевищує 15% використовувати їх для прогнозування та керування формуванням необхідної за умовами експлуатації товщини термічно зміцненого шару при електроерозійному дротяному вирізанні широкої групи конструкційних та інструментальних вуглецевих сталей.

Висновки містять розгорнутий перелік основних результатів та рекомендацій отриманих в дисертації.

2. Нові науково-обґрунтовані результати та їх теоретична цінність

В дисертаційній роботі отримані та обґрунтовані нові наукові результати.

Вперше для групи сталей з відомими та достатньо близькими теплофізичними характеристиками (Сталь 45, Сталь 48, 40X, У10, Х12М) отримана система рівнянь, які дозволяють на етапі проектування технологічного процесу електроерозійного дротяного вирізання для відомих енергії розряду, що виділяється на аноді, тривалості розряду та коефіцієнта перекриття лунок розраховувати три базові параметри шорсткості – R_z , R_a , R_q .

Вперше доведено, що при електроерозійному дротяному вирізанні якісних вуглецевих сталей за використання розрядних імпульсів струму з енергетичними та часовими параметрами характерними для сучасних електроерозійних вирізних верстатів домінуючий вплив на формування товщини термічно зміцненого шару має тривалість імпульсу струму. Величина енергії розряду, яка виділяється на аноді на даний процес має другорядний вплив.

Вперше встановлено, що в зоні термічного впливу сталі У7А після дротяного електроерозійного різання повного зйому та додаткових проходів максимальна напруга розтягу скорочується зі збільшенням кількості додаткових проходів.

Теоретичне значення дисертаційної роботи полягає в здійсненні подальшого розвитку та розширення уявлення про закономірності впливу часово-енергетичних характеристик імпульсів технологічного струму на формування термічно зміцненого шару за електроерозійного дротяного вирізання якісних вуглецевих сталей в контексті ефективного керування формуванням необхідних для тих чи інших умов експлуатації фізико-механічних властивостей поверхневих шарів деталей.

3. Практична користь роботи

Розроблена методологія прогнозування шорсткості оброблених поверхонь при багатопрохідній електроерозійній обробці з енерго-часовими параметрами розрядів характерними для генераторів сучасних електроерозійних вирізних верстатів.

Отримані результати створюють технологічну базу даних для керованого формування параметрів поверхневих шарів сталей необхідних для тих чи інших умов експлуатації деталі.

Розроблено та адаптовано методику визначення напруг у зоні термічного впливу після електроерозійного дротяного різання у відомих технологічних схемах.

Результати досліджень з похибкою, що не перевищує 15% можна використовувати для прогнозування товщини термічно зміцненого шару при електроерозійному дротяному вирізанні широкої групи конструкційних та інструментальних вуглецевих сталей.

4. Оцінка достовірності та обґрунтованості результатів та рекомендації щодо їх використання

Встановлені закономірності формування параметрів поверхневих шарів сталей при електроерозійній обробці дротяним електродом достатньо обґрунтовані, а їх достовірність підтверджена системним комплексом проведених експериментів, що проводились на спеціалізованому електроерозійному обладнанні з використанням сучасної реєструючої та вимірювальної апаратури.

Отримані результати, по суті, відкривають перспективний шлях до мінімізації енергетичних затрат на обробку тієї чи іншої марки сталі та керування характеристиками оброблених поверхонь, як з точки зору формування мікрогеометрії, так і глибини зміни структури в зоні термічного впливу.

5. Повнота викладення основних матеріалів дисертації в опублікованих працях

Результати досліджень, що подані в дисертації, опубліковані у 5 наукових працях, у тому числі в 3 статтях у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у періодичному фаховому виданні іноземної держави, що входить до Європейського Союзу, 2– у рекомендованих фахових виданнях України) та у 2 тезах доповідей в збірниках матеріалів конференцій.

У публікаціях, які написані у співавторстві, автору належать такі результати: виконано чисельне моделювання форми границь фазових переходів та розраховані об'єми фазових перетворень матеріалу анода та мінімальна кількість енергії, що витрачена на них; проведено обробку та аналіз результатів експериментальних досліджень залишкової напруги в ЗТВ сталі У7А після дротяного електроерозійного різання повного зйому та додаткових проходів; запропоновано концепцію, схему та методику проведення експериментальних досліджень розподілу мікротвердості по товщині поверхневих шарів зразків.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

Результати аналізу дисертаційної роботи, в тому числі за допомогою перевірки тексту з використанням системи виявлення текстових збігів, свідчать про відповідність дисертації принципам академічної доброчесності.

7. Апробація матеріалів дисертації

Основні положення та результати досліджень доповідалися на наукових конференціях: Студентської науково-практичної конференції ЧДТУ (18-20 квітня 2017 р.); Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття в країнах Європи та Азії» (31.01.2018).

8. Зауваження і недоліки щодо змісту дисертації

1. В англomовній версії анотації допущено кілька неточностей перекладу технічних термінів на англійську мову. Так у наведеному “thewireelectrode-tool (DEI)” DEI не є аббревіатурою терміну wireelectrode-tool. Недoцільно використовувати дослівний переклад на англійську терміну “електроерозійне дротяне вирізання” у вигляді аббревіатури “EEDV”. У зарубіжній технічній літературі широко використовується цей термін у вигляді: WEDM – wireelectricaldischargemachining.
2. В першому розділі при аналізі літературних даних не рекомендується використовувати одне посилання на велику кількість джерел типу [6-10], [22 – 31], [32 – 41] в одному абзаці. Разом з тим при розгляді принципової базової схеми алгоритму розрахунку технологічних параметрів для реального процесу електроерозійного дротяного вирізання не наведено посилань на літературні джерела. Тому не зрозуміло, чи запропонована послідовність етапів розрахунку технологічних режимів оригінальною, чи загальноприйнятою.
3. У формулі (1.2) для визначення оптимальної тривалості імпульсу не пояснено зміст коефіцієнта k_4 .
4. У підпису під рисунком (Рис.1.8) “Залежність енергій розряду, витрачених на руйнування аноду, катоду та величини МЕР при дії одиничних розрядів” необхідно вказати посилання на перше джерело, роботу [71].
5. Недостатньо обґрунтовані умови та межі застосування наведеної в роботі методики визначення розподілу напружень в поверхневому шарі деталі після електроерозійної обробки.
6. У формулах (3.19) для розрахунку енергії, що витрачена безпосередньо на руйнування матеріалу електродів, не роз’яснено зміст використаних параметрів.
7. На рис.рис. 3.18 наведені зразки осцилограм коливань дротяного електрода в процесі обробки і відповідні профілограми отриманої поверхні зокрема для технологічного режиму 2.2. Але в тексті не

розшифровані значення параметрів цього режиму, тому складно порівняти отримані результати з аналогічними на інших режимах.

10. Відповідність дисертації встановленим вимогам та загальна оцінка дисертації

Наведені недоліки та зауваження суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, не ставлять під сумнів основні теоретичні положення і отримані науково-практичні результати.

Дисертація Кондакова А.В. є завершеним науковим дослідженням, в якій вирішена важлива науково-прикладна задача підвищення ефективності технологічного забезпечення прогнозування та керованого формування мікрогеометрії та фізико-механічних властивостей поверхневих шарів сталей при електроерозійній обробці дротяним електродом

За актуальністю теми, мірою обґрунтованості наукових положень, достовірністю, новизною, теоретичною та практичною цінністю одержаних результатів дисертаційна робота Кондакова Андрія Вадимовича «Технологічне забезпечення керованого формування параметрів поверхневих шарів сталей при електроерозійній обробці дротяним електродом» повністю відповідає вимогам пунктів 9-12 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 року №167, а її автор – Кондаков Андрій Вадимович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 131 – Прикладна механіка.

Офіційний опонент

доцент кафедри лазерної техніки та
фізико-технічних технологій
Національного технічного
університету України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», д.т.н.



М.І. Анякін

Підпис Анакіна М. І. засвідчує:
Вчений секретар Національного
технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського», к.т.н., доц.



В.В. Холявко