

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Барандич Катерини Сергіївни

„Технологічне забезпечення циклічної довговічності деталей при їх токарному обробленні”, яку представлено на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук у Спеціалізовану вчену раду Д 26.002.11 за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування

Дисертацію виконано на кафедрі виробництва приладів Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського" Міністерства освіти і науки України.

Дисертація складається із анотації українською та англійською мовами; переліку умовних позначень; вступу; п'яти розділів з висновками наприкінці кожного розділу; загальних висновків; списку використаних джерел та додатків. Список використаних джерел нараховує 130 найменувань на 14 сторінках. Три додатки займають 64 сторінки. Повний обсяг дисертації становить 204 сторінки, у тому числі 55 рисунків та 18 таблиць. Основний текст складає 125 сторінок.

Актуальність теми та її зв'язок з державними науковими програмами.

Практика показує, що найбільш розповсюдженою і небезпечною причиною виходу із ладу деталей приладів та машин є втомне руйнування. До таких деталей належать вали, шатуни, пальці, шестерні, ротори, зубчасті колеса, підшипники, диски тощо, що працюють під дією змінних навантажень. При експлуатації цих деталей виникають знакозмінні напруження згину симетричного циклу. Характеристики поверхневого шару впливають на їх опір втомі. Основними з цих характеристик є шорсткість, деформаційне зміцнення, структурно-фазовий склад, залишкові напруження тощо.

Тому актуальність дослідження визначається створення науково обґрунтованої методики технологічного забезпечення необхідних значень циклічної довговічності деталей на основі врахування режимів точіння на стан поверхневого шару деталей.

Робота виконувалась згідно з НДР № 2653-п "Розробка ефективних технологій на основі сучасних автоматизованих систем керування якістю виготовлення виробів приладобудування" ДР № 0113U002296.

Наукова новизна роботи полягає у наступному. Вперше отримано теоретико-експериментальна залежність циклічної довговічності деталей на прикладі групи конструкційних легованих сталей від технологічних режимів точіння, що дозволяє прогнозувати кількість циклів до руйнування. Вперше розроблена математична модель процесу точіння, що дозволяє визначити оптимальні режими обробки за умови забезпечення необхідної циклічної довговічності деталі при максимальній продуктивності. Встановлено закономірність впливу режимів точіння на стан поверхневого шару та циклічну довговічність деталей групи хромистих сталей. Розроблена методика забезпечення необхідної циклічної довговічності матеріалу шляхом призначення раціональних режимів точіння.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено алгоритми та програми обробки результатів досліджень методами багатовимірного статистичного аналізу. Розроблено алгоритм та програму, що дозволяють використовувати результати експериментальних досліджень одного матеріалу групи для множини матеріалів з урахуванням їх характеристик. Створено алгоритм та програму оптимізації процесу точіння, яка забезпечує необхідну циклічну довговічність деталі при максимальній продуктивності точіння. Запропоновано режими фінішного точіння деталі типу "вал". Надано практичні рекомендації щодо використання створеної методики технологічного забезпечення необхідної циклічної довговічності деталей.

Характеристика основного змісту роботи.

У вступі сформульовано мету і завдання дослідження. Зауважень по цій частині роботи не має.

Перший розділ дисертації присвячено аналізу літературних джерел зі втомного руйнування деталей при експлуатації. Цей аналіз показав, що найбільший опір втомі деталі мають її розміри, концентрація напружень, середовище, частота зміни напружень і стан поверхні. Останнє пояснюється виникненням та розвитком мікротріщин втомі. З аналізу літератури зроблено висновок, що необхідно визначити найбільш інформативні показники впливу стану поверхневого шару на опір втомному руйнуванню деталі. У зв'язку з існуючою тенденцією заміни абразивної обробки точінням виникає необхідність розробки методик визначення раціональних режимів останньої операції як фінішної з позицій забезпечення циклічної довговічності і надійності деталей. У розділі сформульовані мета і завдання досліджень.

Зауваження по розділу 1. Не можна погодитись з автором, що найбільш розповсюдженою причиною виходу деталей машин з ладу є втомне руйнування, тому що поряд з цією причиною є втрата розмірів останніх у результаті зношування.

У другому розділі дисертації описано загальну методику проведення досліджень. При цьому застосовувалась низка відомих приладів та устаткування для отримання експериментальних результатів. Випробування зразків на втому виконувались на випробувальній машині МУИ–6000. Визначення параметрів шорсткості проводилось на приладі M02Surf PS1. У дослідження також було використано скануючий електронний мікроскоп РЭМ1064. Для отримання адекватних математичних моделей застосовувався метод багатofакторного регресійного аналізу. Для вирішення задачі оптимізації режимів точіння деталей у умовах циклічного навантаження використовувався метод ковзаючого допуску. Експлуатаційні напруження у матеріалі деталі визначались кінцево-елементним аналізом за допомогою програмного комплексу FEMAP 10.2.0 фірми Siemens Product. Результати цього аналізу стали значенням параметру математичної моделі циклічної довговічності матеріалу деталі.

Слід відзначити, що дисертант добре володіє методикою досліджень, що включає поєднання тієї частини експериментів, що виконуються на приладах та устаткуванні, та математично-інформаційної обробки отриманих результатів.

Зауваження по розділу 2. Дисертантом використана у експериментальних дослідженнях лише одна марка сталі (сталь 40Х), причому не вказана її термообробка. Не розшифровано також матеріал різальної пластинки токарного різця.

У третьому розділі представлено результати експериментальних досліджень впливу режимі точіння на фізико-механічні та геометричні характеристики поверхневого шару сталевих зразків (механічні властивості, мікротвердість, зміцнення, мікроструктуру, шорсткість) і, як наслідок, вплив цих характеристик на втому. Для дослідження механічних характеристик при статичному розтягу використовувався випробувальний стенд BISS VI-01-103 з гідравлічними самоцентрувальними захватами. Зразки розтягували при постійній швидкості захватів. Випробування зразків на втому виконувались до утворення макротріщини або повного руйнування зразку. За результатами досліджень будувались криві багатоциклової втоми зразків при симетричному режимі навантаження.

Експерименти показали, що у інтервалі дослідження ($v = 80 - 180$ м/хв; $S = 0,08 - 0,12$ мм/об; $h = 0,3$ мм) при збільшенні подачі і швидкості різання комплексний показник стану поверхні, що характеризується параметрами шорсткості та ступенем деформаційного зміцнення зростає. Відповідно зростає і циклічна довговічність. Тобто, шляхом установа відповідних режимів точіння можна забезпечити необхідні параметри поверхневого шару відповідальних деталей і зростання їх циклічної довговічності.

Зауваження до розділу 3. У дослідженні не має інформації про глибину деформаційно зміцненого точінням поверхневого шару та характер його зміни по глибині, а також про можливі зміни мікроструктури і текстуру цього шару. Слід було б використати для вивчення поверхневого шару після точіння дислокаційний механізм, тим більше, що дисертант володіє необхідними знаннями та технікою з електронної мікроскопії. У розділі нічого не сказано про таку важливу фізико-механічну характеристику деталі після точіння як залишкові напруження першого роду.

Четвертий розділ присвячено розробленню комплексного показника P стану поверхневого шару деталі у вигляді математичної моделі $P(S, v)$. У цій моделі складова шорсткості R_{max} врахована зі знаком "-", оскільки збільшення цієї складової знижує опір втомі, а складові шорсткості S_m та ступінь зміцнення u_n – зі знаком "+", тому що їх зростання підвищує опір втомі.

Розроблено також математичну модель циклічної довговічності деталі від режимів точіння та амплітудного напруження циклу σ . Ця модель, відповідно до експериментальних досліджень, дійсна у наступних змінах параметрів: $v = 80 - 180$ м/хв, $S = 0,008 - 0,12$ мм/об, $\sigma = 0,225 - 0,67$ ГПа. Аналіз моделі показав, що циклічна довговічність при точінні збільшується при збільшенні подачі і швидкості різання, причому вплив подачі превалює.

Це відповідає математичним моделям комплексного показника якості поверхневого шару та циклічної довговічності.

Для розширення діапазону використання математичної моделі довговічності на хромисті конструкційні сталі класу 40X застосовано методику врахування характеристик матеріалу даної групи. Це дозволило на основі математичної моделі циклічної довговічності одного матеріалу класифікаційної групи отримати моделі для множини матеріалів без проведення спеціальних досліджень.

Розроблено відповідне програмне забезпечення на мові програмування C+.

Зауваження по розділу 4. Твердження дисертанта стосовно отримання математичних моделей для хромистих конструкційних сталей є вірним. Проте ця група досить вузька. Тому необхідно було б перевірити твердження на середньовуглецевих термооброблюваних сталях інших груп – хоча б по одному представникові групи.

У п'ятому розділі розглянуто методичні рекомендації, які запропоновані дисертантом стосовно визначення раціональних умов точіння на етапі технологічної підготовки виробництва з метою технологічного забезпечення потрібного значення циклічної довговічності деталей за умов досягнення максимальної продуктивності у реальних умовах експлуатації.

Відповідно до цих рекомендацій після аналізу конструкції та умов експлуатації деталі слід визначити максимальні напруження шляхом виконання кінцево-елементного аналізу у середовищі програмного комплексу FEMAP 10.2.0.

Наведено приклад застосування методичних рекомендацій при дослідженні валу поворотного механізму зі сталі 40X, що працює в умовах знакозмінних навантажень. Подано графічний інтерфейс програми, де відображене значення еквівалентних напружень за гіпотезою Мізеса для об'ємних кінцевих елементів, а також головне вікно програми визначення раціональних режимів точіння з початковими даними і вікно з результатами розв'язання задачі оптимізації для деталей типу "вал".

За методичними рекомендаціями можна прогнозувати кількість циклів навантаження при експлуатації деталі до її руйнування, тобто ресурс деталі.

Зауваження по розділу 5. У розділі, як і у всій роботі, дисертант вживає термін "токарне оброблення" замість загально прийнятого "точіння".

Загальні висновки відповідають меті і завданням дисертаційного дослідження. Зауважень до загальних висновків немає.

Зауваження по роботі не принижують цінність основних наукових результатів і не є принциповими по відношенню до головних висновків. Зауваження скоріше підкреслюють потенційну силу роботи та нові напрямки і можливості її подальшого розвитку.

Повнота викладення основних результатів дисертації у наукових фахових виданнях. Основний зміст дисертації Барандич К.С. опубліковано у 23 наукових працях, у тому числі: 12 статей у наукових фахових виданнях, з них 3

у виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз та 2 статті у закордонних періодичних виданнях; 9 матеріалів міжнародних науково-технічних конференцій; 2 патенти України на корисну модель.

Загальні висновки щодо дисертації. На підставі вищевикладеного, вважаю що, дисертаційна робота К.С. Барандич "Технологічне забезпечення циклічної довговічності деталей при їх токарному обробленні" виконана у вигляді рукопису повністю відповідає вимогам п.п. 9, 11 "Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника", затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №567, щодо кандидатських дисертацій, а її автор БАРАНДИЧ Катерина Сергіївна заслуговує присудження ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування.

Офіційний опонент,
Заслужений діяч науки і техніки України,
професор кафедри виробництва,
ремонтів та матеріалознавства
Національного транспортного університету
доктор технічних наук, професор



Е.К. Посвятенко

Підпис д.т.н., професора Посвятенка Е.К. засвідчую:
Вчений секретар Національного
транспортного університету
кандидат технічних наук, професор



О.І. Мельниченко