

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, к.т.н., доцента Шаповалова Максима Валерійовича

на дисертаційну роботу Мироненка Олега Євгеновича

« Підвищення ефективності обробки лезвійним інструментом

асиметричних циліндричних зубчастих коліс »

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування.

Детальний аналіз дисертаційної роботи Мироненка Олега Євгеновича на тему «Підвищення ефективності обробки лезвійним інструментом асиметричних циліндричних зубчастих коліс », що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Донбаській державній машинобудівній академії, дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами.

Зубчасті колеса та зубчасті передачі є важливими складовими сучасних машин і механізмів. На відміну від більшості комплектуючих сучасних механізмів зубчасті колеса належать до деталей підвищеної складності і працемісткості. Ці обставини свідчать, що витрати на виготовлення зубчастих коліс складають значну частку у вартості машин, з чого виникає потреба у зниженні цих витрат і зменшенні собівартості виготовлення зубчастих механізмів. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі важкого машинобудування України, яка полягає у підвищенні ефективності обробки лезвійним інструментом асиметричних циліндричних зубчастих коліс, які застосовуються у важконавантажених великомодульних зубчастих передачах із постійним навантаженням зачеплення в одному напрямку.

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

Дисертація виконувалась відповідно до наукової програми 133 «Галузеве машинобудування», яка була впроваджена на кафедрі «Комп'ютеризовані мехатронні системи, інструменти та технології» Донбаської державної машинобудівної академії.

Проведені дослідження тісно пов'язані з кафедральною держбюджетною темою Донбаської державної машинобудівної академії «Розробка та вдосконалення верстатострументальних систем важкого машинобудування для енергоефективної обробки деталей» (0118U006894).

3. Наукова новизна одержаних результатів.

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих доробок роботи можна назвати:

- уперше розроблено напрямки забезпечення високої продуктивності процесу обробки лезвійним інструментом великомодульних циліндричних зубчастих коліс з асиметричним профілем зуба шляхом багатокритеріальної оптимізації режимів зубофрезерування з урахуванням енергоефективності та особливостей процесу формоутворення збірними модульними фрезами, що дає змогу забезпечити прогнозовану асиметричну форму, якість поверхневого шару зубців та задані експлуатаційні властивості зубчастих передач;

- науково обґрунтовано та побудовано оптимізаційну модель енергоефективної обробки великомодульних циліндричних зубчастих коліс з асиметричним профілем з урахуванням не одного, а декількох критеріїв, що впливають на ефективність зубофрезерування – приведені витрати, продуктивність праці, витрати твердого сплаву, потужність різання. Включення в систему цільових функцій потужності різання, дозволяє виявити оптимальні режими процесу обробки, що мінімізують в певних межах енерговитрати;

- уперше розроблено математичну модель розподілу теплових потоків при фрезеруванні крупномодульних зубчастих вінців збірними черв'ячними фрезами з криволінійною формою передньої поверхні твердосплавної пластини і знятті великих перерізів зрізу. Запропонована математична модель дозволяє прогнозувати при заданих режимах різання розподіл теплових потоків і температуру в системі: стружка – твердосплавна пластина зірної черв'ячної фрези – зубчастий вінець;

- уперше впроваджено системний підхід до інструментального забезпечення формоутворення зубчастих коліс з асиметричним профілем, що базується на апараті відповідностей і графовій моделі. Цей підхід враховує особливості елементів технологічної системи, а інструментальна система розуміється як набір конструктивних варіантів і розмірів збірних фрез з механічним кріпленням багатогранних пластин для формоутворення великомодульних зубчастих коліс.

4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання.

Отримані результати мають практичну цінність для підприємств важкого машинобудування, оскільки застосування зубчастих передач з асиметричною формою зубів замість традиційного симетричного профілю дозволяє забезпечити покращені експлуатаційні властивості та довговічність великогабаритних машин, редукторів, рудорозмелювальних млинів, транспортів.

Практичне впровадження результатів дослідження здійснено на підприємстві: ПрАТ “Новокраматорський машинобудівний завод” (м. Краматорськ), а також у навчальному процесі Донбаської державної машинобудівної академії та Національного технічного університету

«Харківський політехнічний інститут».

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором.

За результатами дослідження дисертаційної роботи опубліковано 6 наукових праць, з них у фахових наукових виданнях, рекомендованих ДАК Міністерства освіти і науки України – 5, у реферативній базі Scopus – 1, наукових праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації – 9. Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають значення для галузі важкого машинобудування.

6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації.

Робота Мироненка О. Є. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел і додаток.

Метою праці є підвищення ефективності обробки лезвійним інструментом асиметричних циліндричних зубчастих коліс. Досягнення цієї мети забезпечується за рахунок дослідження та оптимізації процесів зубофрезерування з урахуванням енергоефективності лезвійної обробки, удосконалення процесу фрезерування, розроблення системи сучасного інструментального забезпечення.

Об'єктом дослідження є процеси механічної обробки, пов'язані з формоутворенням асиметричних циліндричних зубчастих коліс великого модуля.

У роботі реалізовано системний підхід. Методологічну основу становлять положення, що походять із механіки процесів різання, теорії тертя, прикладного моделювання та статистичного аналізу.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану обробки великомодульних зубчастих коліс, з акцентом на можливість формування асиметричного профілю зуба, необхідного для забезпечення надійних експлуатаційних характеристик зубчастих передач у важкому машинобудуванні. Значну увагу приділено особливостям процесу лезвійної обробки великомодульних зубчастих коліс з великою масою та розмірами. Встановлено, що подальше підвищення ефективності обробки таких коліс стримується недостатнім дослідженням процесів зубофрезерування великомодульних циліндричних зубчастих коліс.

У другому розділі дисертації представлено методичні підходи формоутворення асиметричних зубчастих коліс та управління якістю і продуктивністю зубофрезерування. Розроблено методику розрахунку зубчастієї передачі з асиметричним профілем зуба великомодульних зубчастих коліс, яка враховує особливості навантаження та умов експлуатації. Розроблено блок-схему алгоритму визначення оптимальних розмірів профілю черв'ячних фрез із протуберанцем з метою забезпечення сприятливих умов чистової обробки за рахунок нерівномірного розподілу

припуску: більшим біля вершини, меншим біля ніжки зуба. Розглянуто теоретичні аспекти взаємозв'язку параметрів стану поверхневого шару зубчастих коліс з умовами їх обробки, що забезпечують задані експлуатаційні властивості.

Третій розділ дисертації присвячено обґрунтуванню підходів до прогнозування міцнісних параметрів стану асиметричних зубчастих коліс та вибору і призначенню параметрів поверхневого шару великомодульних зубчастих коліс. Розроблено блок-схему розрахунку оптимальних параметрів стану контактуючих поверхонь асиметричних зубчастих коліс з урахуванням системи критеріїв, що характеризують стан поверхневого шару. Розроблено алгоритм виготовлення великомодульних асиметричних зубчастих коліс з урахуванням параметрів стану робочих поверхонь, точності форми зуба колеса.

У четвертому розділі розроблено систему інструментального забезпечення формоутворення великомодульних асиметричних зубчастих коліс. На основі особливостей формоутворення зубчастих коліс з асиметричним профілем зуба визначено основні принципи сучасного інструментального забезпечення обробки коліс: обмеження номенклатура фрез за рахунок оптимізації необхідної кількості різноманітних компоновок та положень багатогранних пластин; швидке та легке зняття та заміна багатогранних пластин, та їх кріпильних елементів; уніфікація та максимально допустиме зменшення компонентних модулів і типорозмірів пластин у системі; обов'язкове використання багатогранних пластин з оптимальними параметрами передньої поверхні, що забезпечують задовільне стружковідведення.

У п'ятому розділі досліджено фізичні процеси зубофрезерування при обробці великомодульних асиметричних зубчастих коліс. Розроблена математична модель розподілу теплових потоків при фрезеруванні зубчастих вінців рудорозмельних млинів збірними черв'ячними фрезами з криволінійною формою передньої поверхні твердосплавної пластини і знятті великих перерізів зрізу. Запропоновано математичну модель, яка дозволяє прогнозувати, при заданих режимах різання, розподіл теплових потоків і температуру в системі: стружка – твердосплавна пластинка – зубчастий вінець. Побудовано оптимізаційні моделі енергоефективності зубообробки. розроблено теоретичну модель процесу різання під час фрезерування зубчастих коліс, засновану на узагальненому енергетичному критерію що стало науковою основою для розробки методики розрахунку і теоретичного визначення оптимальних режимів зубофрезерування черв'ячними модульними фрезами.

Висновки сформульовані у роботі, висвітлюють основні результати дослідження для вирішення висунутих в дисертації завдань. Висновки відповідають вимогам, до результатів дисертаційних досліджень на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури досить широко охоплює предметне поле дослідження, певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості джерел за напрямком наукової роботи.

Додаток містить інформацію про практичне впровадження результатів дисертаційної роботи.

7. Достовірність отриманих результатів та висновків.

Достовірність отриманих результатів зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується комплексним підходом у вивченні визначеного об'єкта, що також зумовлює і низку певних методів, які були використані в процесі дослідження.

8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях.

Дисертація виконана з дотриманням вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, на дослідження інших науковців є посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено у п'ятих фахових статтях, одній закордонній статті, а також дисертант прийняв участь у 8 міжнародних конференціях, де була проведена апробація ідей, що викладено у дисертаційному дослідженні.

9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У пункті 2.3 «Методологія управління якістю та продуктивністю фрезерування асиметричних зубчастих коліс» зазначено, що з метою підвищення ефективності процесу фрезерування асиметричних зубчастих коліс необхідне визначення мінімального кута ковзання $\Psi_{ск}$ різальної крайки фрези. Процес ковзання відбуватиметься на певному куті $\Psi_{ск}$ до того моменту, коли пластичні деформації не перейдуть у процес різання, коли товщина зрізу набуде певного значення - величини більшої ніж радіус заокруглення різального леза ρ . Але не вказано, з яким саме радіусом краще застосовувати інструмент та як мінімізувати кут ковзання в зоні обробки.

2. У пункті 2.4 «Формування параметрів стану поверхневого шару асиметричних зубчастих коліс» було проведено моделювання для зубчастого колеса з асиметричним профілем зуба, але при цьому не було вказано марку матеріала та яку твердість мала заготовка ?

3. У пункті 5.2 «Моделювання теплових процесів у системі: твердосплавна пластина збірної фрези – стружка – зубчастий вінець, обробки великомодульних асиметричних зубчастих коліс» не вказано які фактори мають найбільший вплив на деформацію поверхневого шару асиметричних зубчастих коліс.

4. Варто було б більш детально розглянути аспекти практичного впровадження запропонованих рекомендацій у виробництво, зокрема можливі технічні та економічні виклики, які можуть виникнути під час інтеграції в наявні виробничі процеси. Додаткові дослідження, спрямовані на

оцінку вартості та ефективності впровадження в реальних умовах, надали б розробці більш прикладного значення.

Зазначені недоліки суттєво не знижують наукову новизну та практичну цінність дисертаційної роботи, не впливають на висновки і рекомендації практичного характеру.

10. Висновки.

Дисертаційна робота Мироненка О.Є. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 13 "Механічна інженерія" за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та певну практичну значущість вважаю, що дисертаційна робота Мироненка Олега Євгеновича «Підвищення ефективності обробки лезвійним інструментом асиметричних циліндричних зубчастих коліс» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради Закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Мироненко Олег Євгенович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

Рецензент – кандидат технічних наук,
доцент кафедри «Машинобудування»
Донбаської державної машинобудівної
академії

Максим ШАПОВАЛОВ

Підпис к.т.н., доцента

Максима ШАПОВАЛОВА

Засвідчую:

Начальник відділу кадрів



Діана ЛОБОДА