

РЕЦЕНЗІЯ

рецензента, д.т.н., професора **Клименко Галини Петрівни**

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.

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, дозволяє зробити висновок щодо актуальності, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності і надати загальну оцінку дисертації.

Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами

Конкурентоспроможність підприємств важкого машинобудування значною мірою визначається впровадженням та удосконаленням гірничодобувального, переробного обладнання, а також потужних транспортних систем, у конструкцію яких входять великогабаритні механізми з приводами, що містять зубчасті передачі з великим модулем. Підвищення ефективності обробки лезвійним інструментом асиметричних зубчастих коліс залежить від забезпечення формоутворення профілю та якості зубчастої поверхні, що визначається особливістю процесу зубофрезерування. Процеси лезвійної обробки, вибір і призначення оптимальних режимів зубофрезерування з урахуванням енерговитрат та забезпечення експлуатаційних властивостей контактуючих поверхонь великомодульних зубчастих коліс з асиметричним профілем практично не

досліджувалися. Тому проведення комплексних досліджень процесу обробки щодо забезпечення асиметричного профілю і якості поверхневого шару зубчастих коліс шляхом оптимізації процесу зубофрезерування є визначальним напрямком у підвищенні ефективності обробки під час виготовлення великогабаритних машин, редукторів, рудорозмелювальних млинів, транспортерів, де застосовують важконавантажені великомодульні зубчасті передачі із постійним навантаженням зачеплення в одному напрямку.

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.

Дисертаційна робота проводилася в рамках кафедральної держбюджетної теми Донбаської державної машинобудівної академії «Розробка та вдосконалення верстатопрограмних систем важкого машинобудування для енергоефективної обробки деталей» ((ДП № 0118U006894).

Наукова новизна одержаних результатів.

За результатами досліджень отримано наступні наукові результати :

- 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 пластинка збірної 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.

Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання.

Отримані результати мають значну прикладну цінність для підприємств важкого машинобудування, оскільки дозволяють підвищити ефективність обробки лезвійним інструментом зубчастих коліс за рахунок використання системи збірних фрез та оптимізації режимів зубофрезерування

з урахуванням енергоефективності лезвійної обробки. Розроблено систему інструментального забезпечення, що дає змогу підвищити ефективність зубофрезерування зубчастих коліс з асиметричним профілем. Запропоновано конструктивні рішення, що сприяють високопродуктивній обробці зубчастих коліс, зокрема, реалізовано оптимізацію довжини головних різальних крайок фрез з механічним кріпленням багатогранних пластин, які забезпечують високу точність профілю крупномодульних асиметричних зубчастих коліс.

Практичне впровадження результатів дослідження здійснено на підприємстві: ПрАТ “Новокраматорський машинобудівний завод” (м. Краматорськ), а також у навчальному процесі на кафедрі «Комп’ютеризовані мехатронні системи, інструменти та технології» Донбаської державної машинобудівної академії, та на кафедрі «Інтегровані технології машинобудування» ім.М.Ф.Семка Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

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. Представлена дисертаційна робота є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають значення для галузі важкого машинобудування.

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

Робота Мироненка О. Є. є завершеною науковою працею, містить анотацію, вступ, п’ять розділів, висновки, список використаних джерел і додаток.

Основною метою цієї роботи 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 інструментального забезпечення, що дає змогу забезпечити прогнозовану асиметричну форму, та експлуатаційні властивості зубчастих передач.

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

У роботі реалізовано системний підхід до аналізу й розв'язання задач, який поєднує як теоретичні дослідження, так і практичні експерименти. Методологічну основу становлять положення, що походять із механіки процесів різання, теорії тертя та зношування, прикладного моделювання та статистичного аналізу.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану обробки великомодульних зубчастих коліс, з погляду на формоутворення асиметричного профілю зуба, необхідного для забезпечення надійних експлуатаційних характеристик зубчастих передач у важкому машинобудуванні. Окрему увагу приділено особливостям процесу обробки великомодульних зубчастих передач. Встановлено, що подальше підвищення ефективності обробки таких коліс стримується недостатнім дослідженням процесів зубофрезерування асиметричних циліндричних зубчастих коліс.

У другому розділі дисертації представлено методичні підходи формоутворення асиметричних зубчастих коліс та управління якістю і продуктивністю зубофрезерування. Розроблено методику розрахунку зубчастої передачі з асиметричним профілем зуба великомодульних зубчастих коліс, яка враховує особливості навантаження та умови експлуатації. Для зубофрезерування великомодульних асиметричних зубчастих коліс із припуском під фінішну обробку розроблена блок-схема

алгоритму визначення оптимальних розмірів профілю черв'ячних фрез із протуберанцем з метою забезпечення сприятливих умов чистової обробки. Розглянуто теоретичні аспекти взаємозв'язку параметрів стану поверхневого шару зубчастих коліс з умовами їх обробки, що забезпечують задані експлуатаційні властивості.

У третьому розділі обґрунтовано підхід 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. Доведено, що для зубчастих передач із постійним навантаженням зачепленням в одному напрямку особливу роль відіграє зона контактування, яка визначає рівень експлуатаційної надійності при високих навантаженнях. Розроблено алгоритм виготовлення великомодульних асиметричних зубчастих коліс з урахуванням параметрів стану робочих поверхонь, точності форми зуба колеса, що забезпечують задані експлуатаційні властивості, а отже, надійність вузлів редукторів та механізмів.

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, які обмежують номенклатуру збірних фрез, за рахунок оптимізації необхідної кількості різноманітних компоновок та положень багатогранних пластин. Обґрунтовано формоутворення великомодульних асиметричних зубчастих коліс дисковими немодульними фрезами з механічним кріпленням багатогранних пластин..

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. Створено 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 з механічним кріпленням багатогранних твердосплавних пластин.

Висновки, сформульовані у роботі, висвітлюють результати дослідження, як вирішення висунутих в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Список літератури широко охоплює об'єкт дослідження, відображає опрацювання автором значної кількості джерел (в тому числі іноземних), за напрямком наукової роботи.

Додаток містить інформацію про практичне впровадження результатів дисертації.

Достовірність отриманих результатів та висновків.

Достовірність результатів теоретичних досліджень підтверджується результатами проведених експериментальних досліджень. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується системним підходом у вивченні визначеного об'єкта, а також методами, які були використані в процесі дослідження.

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, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено у п'ятьох фахових статтях, одній закордонній статті, а також дисертант приймав участь в вісьмох міжнародних конференціях, де була проведена апробація ідей, які викладено у дисертаційному дослідженні.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У таблиці 2.1 наведена діаграма розрахунку режимів формоутворення поверхневого шару асиметричних зубчастих коліс, де ураховані практично усі показники формоутворення шару асиметричних зубчастих коліс, але не зрозуміло яким чином можна ураховувати та розраховувати вихідні параметри поверхневого шару асиметричних зубчастих коліс?
2. На рис.4.16 , стор 114 приведена система інструментального забезпечення зубофрезерування на прикладі високоавтоматизованого обробного центру, але виникає питання. чи може використовуватися запропонована у роботі система інструментального забезпечення формоутворення великомодульних асиметричних зубчастих коліс для спеціальних зубофрезерних верстатів.
3. У пункті 5.2 «Моделювання теплових процесів у системі: твердосплавна пластина збірної фрези – стружка – зубчастий вінець, обробки великомодульних асиметричних зубчастих коліс» було зазначено, що найбільший вплив на стійкість інструменту під час процесу різання має вибір оптимальної геометрії і форми передньої поверхні твердосплавної пластини, але не вистачає конкретики. Оскільки на стійкість збірної фрези впливає велика кількість факторів, тому добре було б побачити більш детальний аналіз цих факторів.
4. На графіках (рис 5.11) наведені лінії впливу рівня функції потужності зубофрезерування для змінних: швидкості різання і подачі, але не досліджено вплив глибини різання , від якої теж залежить потужність різання

Вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація є актуальною і має високу наукову цінність та практичну значимість.

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 – доктор технічних наук,

професор кафедри автоматизації

виробничих процесів Донбаської

державної машинобудівної академії.



Галина КЛИМЕНКО

Підпис д.т.н., професора

Галини Клименко

Засвідчую:

Начальник відділу кадрів.



Діана ЛОБОДА