

ОТЗЫВ

**зарубежного научного консультанта на диссертационную работу
Таттимбек Гүлерке на тему «Разработка способа
термофрикционной обработки зубьев крупномодульных зубчатых
колес», представленной на соискание степени доктора философии (PhD)
по направлению**

**Группа образовательных программ: D103 – «Механика и
металлообработка», образовательной программе
8D07105 – «Механическая инженерия»**

В диссертационной работе Таттимбек Г. решена крупная проблема являющаяся актуальной для современного машиностроения, в частности для тяжелого машиностроения.

Производство зубчатых передач играет важную роль в развитии машиностроения. Зубчатые передачи составляют основу многих современных машин и механизмов (автомобилей, сельскохозяйственной техники, металлообрабатывающих станков, редукторов, тяговых передач электропоездов и др.). Во многих случаях зубчатые передачи определяют технические параметры изделий машиностроения: вес, габариты, надежность и долговечность. В автомобильной, авиационной и других отраслях промышленности, где используются мелко модульные зубчатые передачи, существует множество технических решений для повышения надежности и долговечности передач при высоких эксплуатационных характеристиках. Однако в производстве крупномодульных цилиндрических зубчатых передач сложно распространить их опыт в современных рыночных условиях. Сложность изготовления крупномодульных цилиндрических зубчатых передач высока. Кроме того, традиционные методы обработки крупномодульных цилиндрических зубчатых передач не всегда обеспечивают требуемую точность и качество.

В результате исследования состояния проблемы в условиях отечественных машиностроительных предприятий было выявлено, что существует проблема при обработке крупномодульных прямозубых зубчатых колес связанная с обеспечением качества и повышением производительности, а также с большим расходом зуборезного инструмента из-за преждевременного их износа. Также было установлено, что от общего объема зубчатых колес, изготавливаемых в условиях отечественных машиностроительных производств более 45% составляет цилиндрические зубчатые колеса. Из них 60% относится к прямозубым цилиндрическим зубчатым колесам, которые подвергаются фрезерованию впадин зубьев с использованием дисковых модульных фрез. Решения вышеуказанной проблемы отражены в диссертационной работе Таттимбек Г.

Целью работы является разработка ресурсосберегающего способа обработки впадин зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых колес

Объект исследования: Технологический процесс обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес и конструкция зуборезных инструментов.

Предмет исследования: Закономерности влияния режимов резания на показатели качества при термофрикционной обработке впадин зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Методы исследования: Для проведения исследования использованы методы: анализа способов обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес и конструкции зуборезных инструментов, проектирование режущего инструмента, экспериментального исследования, планирования и обработки результатов, компьютерного моделирования процесса термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением впадин зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработка способа термофрикционной обработки с импульсным охлаждением впадин зубьев крупномодульных прямозубых цилиндрических зубчатых колес.

2. Экспериментально были установлены, что увеличение скорости резания и подачи оказывают положительное влияние на показатели качества (шероховатость, твердость) обработанной поверхности. Исходя из этого определены оптимальные значения режимов резания:

- при ТФФ с импульсным охлаждением - $n_{\text{шп}}=1250$ об/мин; $S_{\text{пр}}=100$ мм/мин; $t=22,5$ мм;

- при традиционном ТФФ - $n_{\text{шп}}=2000$ об/мин; $S=0,52$ мм/об.

3. Выявлены зависимости для оценки показателей качества при обработке специальной дисковой модульной фрезой трения:

- для ТФФ с импульсным охлаждением - $R_z=56-0,013 \cdot n+0,194 \cdot S-0,59 \cdot L_1$

- $HB=343,335-0,166n+0,1 \cdot S+6,06t-1,94 \cdot L_1$

- для традиционной ТФФ - $R_z=39,31-0,0155V+64,1S$;

4. Впервые с использованием компьютерных программ DEFORM 3D и ANSYS Workbench было проведено исследование тепловых явлений при термофрикционной обработке впадин зубьев крупномодульных прямозубых зубчатых колес и оптимизация геометрии дисковой модульной фрезы трения и было установлено, что:

- с увеличением скорости резания значение температуры увеличивается, а при этом расстояние её распространения сокращается, что способствует локализацию температуры непосредственно в зоне контакта «инструмент-заготовка»;

- для лучшей кандидатной точки получены ориентировочные значения $a \approx 3$ мм, $b \approx 10$ мм и $c \approx 4$ мм при $P_4 \approx 33,306$ МПа, $P_5 \approx 295,93$ °С и $P_6 \approx -5,7488 \times 10^{-5}$ м.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и результатов подтверждается корректностью постановки задачи исследования, адекватностью теоретических и экспериментальных исследований. Получены патенты Республики Казахстан на конструкцию дисковой модульной фрезы трения (№9408) и на способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения (№7579). На методику многокритериальной оптимизации геометрии дисковой модульной фрезы трения для

термофрикционной обработки впадин зубьев прямозубых цилиндрических колёс получено свидетельство РК о государственной регистрации прав на объект авторского права на интеллектуальную собственность.

Личный вклад автора заключается в постановке задач и разработке методики исследования; разработке и изготовлении специальных конструкций дисковых модульных фрез трения, технологической и инструментальной оснастки; определение оптимальных режимов обработки, организации и проведении экспериментальных исследований термофрикционного фрезерования с импульсным охлаждением впадин зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых колес.

Докторант Таттимбек Г. проходила научную стажировку на кафедре «Технология машиностроения» Навоийского государственного горно-технологического университета (г. Навоий, Узбекистан). Выступала на научном семинаре кафедры с докладом и были обсуждены полученные научные результаты по диссертации. Результаты диссертации были оценены положительно. В период стажировки она проводила исследование по оптимизации конструкции специальной борштанги и выполнила расчет конструкции борштанги на статическую жесткость и прочность. Также работала в научной библиотеке университета и изучила научные работы выполненные по теме диссертации.

Диссертационная работа Таттимбек Г. на тему: «Разработка способа термофрикционной обработки зубьев крупномодульных зубчатых колес» выполнена на высоком научном уровне, имеет научную и практическую значимость для науки в области машиностроения, поставленные цели и задачи исследования выполнены в полном объеме. Автор диссертационной работы Таттимбек Гүлерке заслуживает присуждения степени доктора философии (PhD) по образовательной программе 8D07105 – «Механическая инженерия».

Зарубежный научный консультант:
Ректор Навоийского государственного
горно-технологического университета,
доктор технических наук, профессор



Мардонов Б.Т.

**Гүлерке Таттимбектің философия докторы (PhD)
дәрежесін алу үшін ұсынған**
**«Ірі модульді тісті дөңгелектердің тістерін термофрикциялық өңдеу
әдісін әзірлеу»**
**тақырыбындағы диссертациялық жұмысына шетелдік ғылыми
кеңесшінің пікірі**
Білім беру бағдарламаларының тобы:
D103 – «Механика және металл өңдеу»,
8D07105 — «Механикалық инженерия» білім беру бағдарламасы

Гүлерке Таттимбектің диссертациялық жұмысында қазіргі заманғы машина жасау, атап айтқанда ауыр машина жасау үшін өзекті болып табылатын ірі мәселе шешілді.

Тісті беріліс машина жасауды дамытуда маңызды рөл атқарады. Тісті берілістер көптеген заманауи машиналар мен механизмдердің негізін құрайды (автомобильдер, ауылшаруашылық техникасы, металл өңдейтін білдектер, бәсеңдеткіштер, электр пойыздарының тартқыш берілістері және т.б.).

Көптеген жағдайларда берілістер машина жасау өнімдерінің техникалық параметрлерін анықтайды: салмағы, өлшемдері, сенімділігі және беріктігі. Шағын модульді берілістерді қолданатын автомобиль, авиация және басқа салаларда жоғары пайдаланылу кезінде берілістердің сенімділігі мен шыдам мерзімін арттыруға арналған көптеген техникалық шешімдер бар. Дегенмен, ірі модульді цилиндрлік тісті беріліс өндірісінде олардың тәжірибесін қазіргі нарық жағдайында тарату қиын. Ірі модульді цилиндрлік берілістерді дайындаудың қиындығы жоғары.

Сонымен қатар, ірі модульді цилиндрлік тісті берілістерді өңдеудің дәстүрлі әдістері әрқашан қажетті дәлдік пен сапаны қамтамасыз ете бермейді.

Отандық машина жасау кәсіпорындарының жағдайындағы мәселенің жай-күйін зерттеу нәтижесінде сапаны қамтамасыз ету және өнімділікті арттыру, сондай-ақ олардың мерзімінен бұрын тозуына байланысты тіскесу құралының үлкен шығынымен байланысты ірі модульді тісті дөңгелектерді өңдеу кезінде мәселе бар екендігі анықталды. Сондай-ақ, отандық машина жасау өндірістерінде дайындалатын тісті дөңгелектердің жалпы көлемінің 45% - дан астамы цилиндрлік тісті дөңгелектер екені анықталды. Олардың ішінде 60⁰/0 дискілі модульді жонғыштарды қолдана отырып, тіс ойымдарын жонғылауға ұшырайтын тік тісті цилиндрлік дөңгелектерге жатады. Жоғарыда аталған мәселенің шешімдері Таттимбек Гүлеркенің диссертациялық жұмысында көрсетілген.

Жұмыстың мақсаты: түзу тісті цилиндрлік тісті дөңгелектердің тіс ойықтарын өңдеудің ресурсты үнемдейтін әдісін әзірлеу.

Зерттеу нысаны: цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін өңдеудің технологиялық процестері.

Зерттеу пәні: цилиндрлік тісті дөңгелектердің тіс ойықтарын термофрикциялық өңдеу сапасының көрсеткіштеріне кесу режимдерінің әсер ету заңдылықтары.

Зерттеу әдістері: Зерттеу жүргізу барысында келесі әдістер қолданылды: цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін өңдеу тәсілдері мен тіс кескіш құралдардың конструкцияларын талдау, кескіш құралды жобалау, тәжірибелік зерттеу жүргізу, нәтижелерді жоспарлау және өңдеу, цилиндрлік тісті дөңгелектердің тіс ойықтарын импульстік салқындатумен термофрикциялық фрезерлеу процесін компьютерлік модельдеу.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

1. Ірі модульді түзу тісті дөңгелектердің тіс ойықтарын термофрикциялық өңдеу әдісін әзірлеу.

2. Эксперименттік түрде кесу жылдамдығы мен берілістің артуы өңделген беттің сапа көрсеткіштеріне (кедір-бұдырлық, қаттылық) оң әсер етеіні анықталды. Осыған сәйкес кесу режимдерінің оңтайлы мәндері анықталды:

- дәстүрлі ТФФ кезінде: $n_{\text{ұн}} = 2000$ айн/мин; $S = 0,52$ мм/айн;

- импульстік салқындатуға ие ТФФ кезінде: $n_{\text{ұн}} = 1250$ айн/мин; $S_{\text{np}} = 100$ мм/мин; $t = 22,5$ мм

3. Арнайы дискілі-модульді үйкеліс фрезасымен өңдеу кезінде сапа көрсеткішін бағалау үшін келесі тәуелділіктер анықталды:

-импульстік салқындатумен термофрикциялық фрезерлеу үшін:

- $Rz = 56 - 0,013 \cdot n + 0,194 \cdot S - 0,59 \cdot L_1$

- $HB = 343,335 - 0,166n + 0,1 \cdot S + 6,06t - 1,94 \cdot L_1$

- дәстүрлі термофрикциялық фрезерлеу үшін:

- $Rz = 39,31 - 0,0155V + 64,1S$;

4. Алғаш рет DEFORM 3D және ANSYS Workbench компьютерлік бағдарламаларын қолдана отырып, үлкен модульді тісті дөңгелектердің тістерін термофрикциялық өңдеу кезіндегі жылу құбылыстарын зерттеу және дискілі модульді үйкеліс фрезасының геометриясын оңтайландыру орындалды. Нәтижеде келесілер айқындалды:

- кесу жылдамдығы артқан сайын температура мәні жоғарылайды, ал оның таралу қашықтығы қысқарады, бұл температураның тікелей «құрал-дайындама» жанау аймағында шоғырлануына ықпал етеді;

- ең тиімді кандидаттық нүкте үшін $a \approx 3$ мм, $b \approx 10$ мм және $c \approx 4$ мм шамалары алынды, бұл кезде $P_4 \approx 33,306$ МПа, $P_5 \approx 295,93$ °С және $P_6 \approx -5,7488 \times 10^{-5}$ м мәндеріне сәйкес келеді.

Ғылыми ережелердің, тұжырымдар мен нәтижелердің негізділігі мен дұрыстығы зерттеу мәселесін қоюдың дұрыстығымен, теориялық және эксперименттік зерттеулердің барабарлығымен расталады. Үйкеліс дискісінің модульдік фрезасының конструкциясына (№9408) және жазықтықты термофрикциялық өңдеу әдісіне және үйкеліс дискісінің конструкциясына (№7579) Қазақстан Республикасының патенттері алынды. Тік тісті цилиндрлік дөңгелектердің тістерінің ойымдарын термофрикциялық өңдеуге арналған

дискілі модульдік үйкеліс фрезасының геометриясын көп өлшемшартты оңтайландыру әдістемесіне ҚР зияткерлік меншікке авторлық құқық объектісіне құқықтарды мемлекеттік тіркеу туралы куәлік алынды.

Автордың жеке үлесі мәселелерді қою және зерттеу әдістемесін әзірлеу; дискілі модульдік үйкеліс фрезаның, технологиялық және аспаптық жабдықтардың арнайы конструкцияларын әзірлеу және дайындау; тік тісті цилиндрлік тісті дөңгелектері тістерінің ойымдарын импульсті салқындату арқылы термофрикциялық фрезерлеуді, өңдеудің оңтайлы режимдерін анықтау, ұйымдастыру және эксперименттік зерттеулер жүргізу болып табылады.

Докторант Таттимбек Гүлерке Навои мемлекеттік тау-кен технологиясы университетінің (Навои қ., Өзбекстан Республикасы) «Машина жасау технологиясы» кафедрасында ғылыми тағылымдамадан өтті. Кафедраның ғылыми семинарында баяндама жасап, диссертация бойынша алынған ғылыми нәтижелер талқыланды. Диссертация нәтижелері оң бағаланды. Тағылымдама кезеңінде ол арнайы дискілі модульді үйкеліс фрезасының құрылымын оңтайландыру бойынша зерттеу жүргізді және статикалық қаттылық пен беріктікті анықтау бойынша құрылымын есептеді. Сонымен қатар университеттің ғылыми кітапханасында жұмыс істеді және диссертация тақырыбы бойынша орындалған ғылыми жұмыстарды зерделеді.

Таттимбек Гүлеркенің «Ірі модульді тісті дөңгелектердің тістерін термофрикциялық өңдеу әдісін әзірлеу» тақырыбындағы диссертациялық жұмысы жоғары ғылыми деңгейде орындалған, машина жасау саласы ғылымы үшін ғылыми және практикалық маңызы бар, зерттеудің қойылған мақсаттары мен мәселелері толық көлемде орындалды. Диссертациялық жұмыстың авторы Таттимбек Гүлерке 8D07105 — «Механикалық инженерия» білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға лайық.

Шетелдік ғылыми кеңесші,
Навои мемлекеттік тау-кен
технологиялық университетінің ректоры,
техника ғылымдарының докторы, профессор

Мардонов Б.Т.

Текст – перевод документа с русского языка на казахский язык, выполнен переводчиком Жакиной Нургуль Ермаковной. Диплом ЖБ-Б № 0035077, выданный Евразийским Национальным университетом имени Л.Н. Гумилева от 29.06.2002 г.
(тел) +7-778-202-36-46. E-mail: info@centernur.kz website: www.centernur.kz



Республика Казахстан, город Астана

Девятнадцатое июня две тысячи двадцать шестого года. Я, Сатыбалдина Мадина Калиевна, нотариус города Астана, действующий на основании лицензии № 14020832, выданной Министерством юстиции Республики Казахстан от 30.12.2014 года, свидетельствую подлинность подписи известного мне переводчика Жакиной Нургуль Ермаковны, которая была сделана в моем присутствии. Личность переводчика установлена, дееспособность и полномочия проверены. Зарегистрировано в реестре за № 1255

Взыскано согласно Закона РК «О нотариате»

Подпись нотариуса



Печать: Сатыбалдина Мадина Калиевна, частный нотариус, лицензия № 14020832 выданная Министерством юстиции Республики Казахстан от 30.12.2014 года

Прошнуровано и прокумеровано
На
Нотариус Сатыбалдина М.К.



ES4905702260619162519D17694F

Нотариаттық іс-әрекеттің бірегей нөмірі / Уникальный номер нотариального действия