

Мардонов Бахтиёр Тешаевич

д.т.н., доцент, кафедра «Технология машиностроения»,
Навоийский государственный горный институт,
г. Навои, 210100, Республика Узбекистан,
e-mail: mbt69@mail.ru

Шеров Карибек Тагаевич

д.т.н., профессор, кафедра «Технологическое оборудование,
машиностроение и стандартизация», Карагандинский
государственный технический университет,
г. Караганда, 100042, Республика Казахстан,
e-mail: shkt1965@mail.ru

Бузауова Тоты Мейрбековна

к.т.н., ст. преподаватель кафедра «Технологическое
оборудование, машиностроение и стандартизация»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100042, Республика Казахстан,
e-mail: toty_77@mail.ru

Маздубай Асылхан Владимирович

PhD, Павлодарский государственный
университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: asylkhan_m@mail.ru

Альжанова Айжан Газизовна

магистрант, кафедра «Технологическое оборудование,
машиностроение и стандартизация»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100042, Республика Казахстан,
e-mail: lunnaiaduwa@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ЗУБЬЕВ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС «ШЕВЕРОМ-ПРИКАТНИКОМ»

Выполнено исследование процесса стружкообразования при разработке нового способа финишной обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес обкатным инструментом «шевером-прикатником». Инструмент изготовлен из неинструментального материала, т.е. из стали ШХ15. Выполнен расчет коэффициента усадки стружки. В результате определен диапазон значения коэффициента усадки стружки $K_{у.с.} = 0,4 \div 0,85$. При этом установлено, что самая низкая шероховатость ($Ra = 0,32$ мкм) поверхности обеспечивается при $K_{у.с.} = 0,4$.

Приводятся графики влияния скорости обработки на значение коэффициента стружки и влияния значений коэффициента усадки стружки на шероховатость обработанной поверхности.

Комплексное исследование процесса стружкообразования показало, что при обработке «шевером-прикатником» изготовленным из стали ШХ15 обеспечивается качественное дробление стружки, несколько разупрочняется структура стружки и улучшаются условия работы инструмента, а также повышается качество финишной обработки зубьев зубчатых колес.

Ключевые слова. Обкатный инструмент, цилиндрическое зубчатое колесо, финишная обработка, стружкообразование, усадка стружки, шероховатость.

ВВЕДЕНИЕ

В механике процесса резания металлов уделяется большое внимание стружкообразованию. На процесс стружкообразования затрачивается более 90% силы и работы резания, соответственно, при стружкообразовании выделяется основная часть тепла. От этого процесса зависят тепловой режим и контактные нагрузки на рабочих поверхностях инструмента, следовательно, интенсивность и характер их износа. В непосредственной связи с процессом стружкообразования находится качество поверхностного слоя и точность обработки детали. Таким образом, почти все характеристики процесса резания и его практические результаты зависят от процесса стружкообразования. Протекание этого процесса в основном определяется деформированным состоянием зоны стружкообразования [1].

В связи с этим исследование процесса стружкообразования при разработке нового способа финишной обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес является актуальной задачей. Контактные явления, происходящие при стружкообразовании, сопровождаются интенсивным трением на передней и задней поверхностях инструмента, которое оказывает существенное влияние на ряд важных характеристик процесса резания, в частности, на характер и интенсивность износа, качество обработанной поверхности, силы резания, точность обработки и пр.

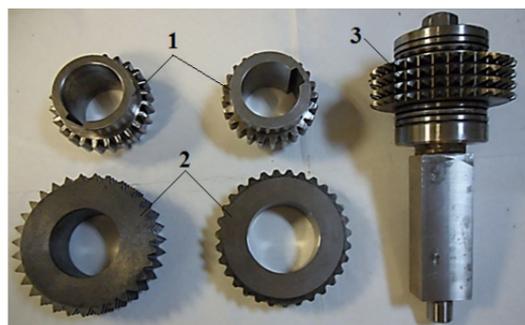
Как известно [2, 3], при традиционном зубонарезании отделение стружки сопровождается её скольжением по передней поверхности в условиях либо граничного трения без существенных вторичных пластических деформаций контактного слоя, либо при полном схватывании контактных поверхностей с интенсивной пластической деформацией этого слоя. При этом прерывистость процесса резания обусловлена в основном естественным чередованием режущих кромок инструмента.

При обработке «шевером-прикатником» изменяются механизм превращения отдельных элементов срезаемого слоя в стружку. Эти изменения касаются, главным образом, основных физических процессов стружкообразования: пластического деформирования и разрушения обрабатываемого материала, а также трения на контактирующих поверхностях, что, несомненно, должно отразиться и на механизме формирования отдельных элементов стружки. Исследование процесса стружкообразования при разработке нового способа финишной обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес является актуальной задачей, так как обкатный инструмент «шевер-прикатник» изготовлен из неинструментального материала, т.е. из стали ШХ15.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

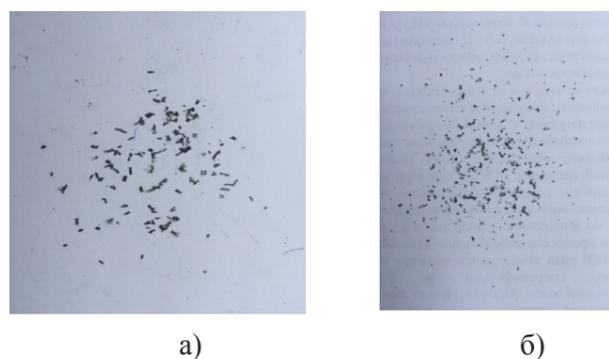
Методика исследования основана на научных положениях таких наук как основы теория резания металлов и зубообработки, теории стружкообразования, технологии металлов, материаловедения. В исследованиях стружки применен металлографический метод исследования. На рисунке 1 показаны обкатный инструмент «шевер-прикатник» и обработанные зубчатые колеса.

Результаты экспериментальных исследований процесса обработки прямозубых цилиндрических зубчатых колес обкатным инструментом «шевер-прикатник» приведены в работах [4–7].



1 – зубчатое колесо; 2 - шевер-прикатник; 3 - шевер-прикатник в сборе
Рисунок 1 – Шевер-прикатник и обработанные зубчатые колеса

На рисунке 2 показаны стружки, полученные при обработке «шевером-прикатником» изготовленным из стали ШХ15. При проведении экспериментальных исследований скорость резания варьировался в диапазоне $n = 100 \div 400$ об/мин. При низких скоростях резания получили крупные стружки надлома (рисунок 2, а). С повышением скорости резания наблюдалось уменьшение размеров стружки надлома и более качественное её дробление. Для исследования текстуры полученных стружек был использован универсальный металлографический микроскоп Альтаи MET 5T.



а) – стружки полученные при режимах резания: $n = 200$ об/мин; $S = 0,1$ мм/об; $t=0,025$ мм; б) – стружки полученные при режимах резания: $n = 400$ об/мин; $S = 0,1$ мм/об; $t=0,025$ мм

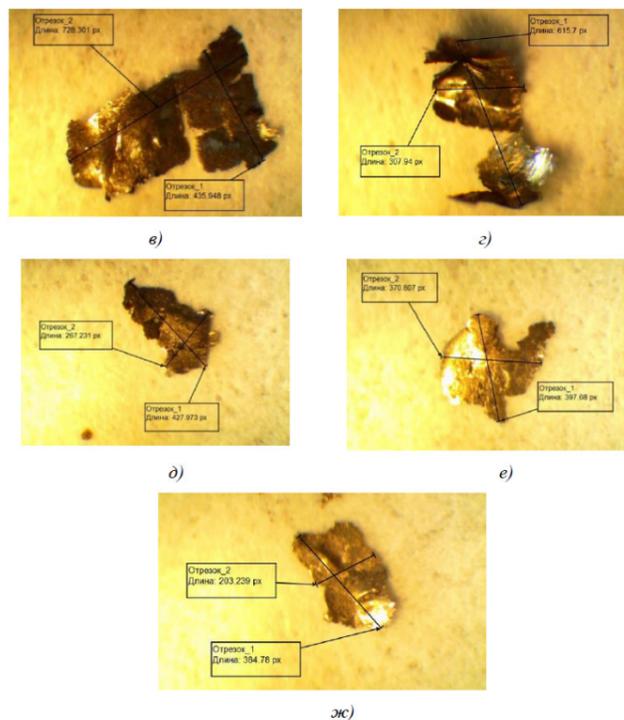
Рисунок 2 – Стружки, полученные при обработке

На рисунке 3 показан универсальный металлографический микроскоп Альтаи MET 5T.



Рисунок 3 – Универсальный металлографический микроскоп Альтаи MET5T

Некоторые научные выводы можно сделать на основании изучения сечения стружки в деформированном состоянии. Степень пластического деформирования удаляемого при резании материала полностью характеризуется усадкой стружки, то есть несоответствием длины стружки и пути резца. Стружка оказывается более короткой, но, сохраняя объем, делается большей по поперечному сечению за счет увеличения толщины. О величине усадки стружки судят по величине коэффициента усадки K_L . Известно [8], что по параметру усадки стружки можно судит о ходе осуществления процесса обработки. В зависимости от его изменения будут изменяться все показатели процесса резания. Также по нему можно судит о деформационных процессах при обработке. Пластическое деформирование срезаемого слоя можно охарактеризовать величиной усадки стружки. Известно [8], что величину усадки стружки характеризует величина коэффициента усадки $K_{y.c}$. Для определения размеров полученных стружек было использовано универсальный металлографический микроскоп Альтаи MET 5T (рисунок 3). На рисунке 4 показаны размеры стружек полученных при обработке шевером-прикатником изготовленного из стали ШХ15.



а – стружка № 1; б – стружка № 2; в – стружка № 3; г – стружка № 4;
д – стружка № 5; е – стружка № 6; ж – стружка № 7.

Рисунок 4 – Размеры стружек, полученных при обработке шевером-прикатником изготовленного из стали ШХ15

Расчет коэффициента усадки стружки при обработке стали 40Х проводим по формуле [9–13].

$$K_{y.c.} = \frac{G \cdot 10^3}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} \quad (1)$$

где G – масса образца стружки $мг$;
 ρ – плотность материала $г/см^3$;
 L_c – длина стружки $мм$;
 S – подача $мм/об$;
 t – глубина резания $мм$.

Стружка №1 (рисунок 4) – $G = 0,018 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 1,096 мм$; $S = 0,1 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,018}{1,096 \cdot 7,82 \cdot 0,1 \cdot 0,025} = 0,840.$$

Стружка №2 – $G = 0,016 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 0,98 мм$; $S = 0,1 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,016}{0,98 \cdot 7,82 \cdot 0,1 \cdot 0,025} = 0,835.$$

Стружка №3 – $G = 0,015 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 0,95 мм$; $S = 0,1 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,015}{0,95 \cdot 7,82 \cdot 0,1 \cdot 0,025} = 0,807.$$

Стружка №4 – $G = 0,014 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 0,81 мм$; $S = 0,2 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,014}{1,096 \cdot 7,82 \cdot 0,2 \cdot 0,025} = 0,442.$$

Стружка №5 – $G = 0,012 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 0,56 мм$; $S = 0,2 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,012}{0,56 \cdot 7,82 \cdot 0,2 \cdot 0,025} = 0,548.$$

Стружка №6 – $G = 0,011 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 0,52 мм$; $S = 0,2 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,011}{0,52 \cdot 7,82 \cdot 0,2 \cdot 0,025} = 0,541.$$

Стружка №7 – $G = 0,011 мг$; $\rho = 7,82 г/см^3$; $L_c = 0,51 мм$; $S = 0,2 мм/об$; $t = 0,025 мм$.

$$K_{y.c.} = \frac{G}{L_c \cdot \rho \cdot S \cdot t} = \frac{0,011}{0,51 \cdot 7,82 \cdot 0,2 \cdot 0,025} = 0,551.$$

Примечание: $1рх = 3,8 мм$, масштаб 200рх.

По результатам исследования были построены графики показанные на рисунках 5 и 6. Из графика (рисунок 5) видно, что с увеличением режимов обработки наблюдаем уменьшение значения $K_{y.c.}$. Было установлено, что значение $K_{y.c.} = 0,4 \div 0,85$.

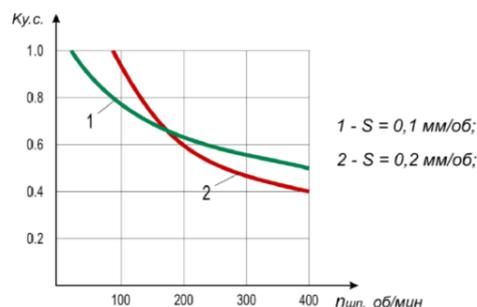


Рисунок 5 – График влияния скорости обработки на $K_{y.c.}$

На рисунке 6 показан график влияние $K_{y.c.}$ на шероховатость обработанной поверхности.

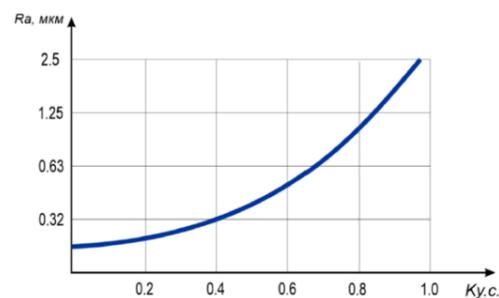


Рисунок 6 – График влияние $K_{y.c.}$ на шероховатость обработанной поверхности

Уменьшение $K_{y.c.}$ характеризует улучшение качества обработки. Из графика (рисунок 6) видно, что при $K_{y.c.} = 0,4$ шероховатость поверхности получается $R_a = 0,32$ мкм. Данное значение $K_{y.c.} = 0,4$ получен при расчете стружки №4, которая было получена при обработке режимами $S = 0,2$ мм/об; $n = 400$ об/мин.

Данное подтверждает также результаты экспериментального исследования [4]. На основе полученных результатов установлено оптимальные режимы резания при обработке «шевером-прикатником» изготовленной из стали ШХ15: $S = 0,2$ мм/об; $n = 400$ об/мин. Также можно сделать вывод о том, что при обработке «шевером-прикатником» изготовленной из стали ШХ15 обеспечивается качественное дробление стружки, несколько разупрочняется структура стружки и улучшаются условия работы инструмента, а также повышается качество финишной обработки зубьев цилиндрических зубчатых колес.

ВЫВОДЫ

1 Необходимо отметить, что исследование процесса стружкообразования при реализации нового способа и конструкции режущего инструмента является

актуальной задачей. Так как от процесса стружкообразования зависят все характеристики процесса резания и его практические результаты.

2 Исследования стружки показали, что в начале обработки «шевером-прикатником» изготовленной из стали ШХ15 образуются преимущественно небольшие наросты, количество которых резко колеблется, быстро увеличиваются в размерах и превращаются в крупный нарост и с увеличением скорости резания и подачи, размеры нароста уменьшаются либо вовсе исчезают.

3 В результате расчета определен диапазон значения коэффициента усадки стружки $K_{y.c.} = 0,4 \div 0,85$. При этом установлено, что самая низкая шероховатость ($R_a = 0,32$ мкм) поверхности обеспечивается при $K_{y.c.} = 0,4$.

4 Комплексное исследование процесса стружкообразования показало, что при обработке «шевером-прикатником» изготовленной из стали ШХ15 обеспечивается качественное дробление стружки, несколько разупрочняется структура стружки и улучшаются условия работы инструмента, а также повышается качество финишной обработки зубьев зубчатых колес.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Зайцев В. Е., Скрипка Е. А., Воронин А. В.** Исследование влияния основных параметров резания на процесс стружкообразования при торцевом фрезеровании алюминиевого сплава 6082 Т6 / Сборник научных трудов «Открытие информационные и компьютерные интегрированные технологии» – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2014. – Вып. № 65. – С. 42–48.

2 **Шеров К. Т., Ракишев А. К., Доненбаев Б. С., Айнабекова С. С.** Стружкообразование и деформированное состояние срезаемого слоя при РФО внутренних и наружных цилиндрических поверхностей / Труды университета. – Караганда : Изд-во КарГТУ, 2018. – № 3(72) – С. 49–54.

3 **Зорохович А. А., Остров Н. М.** Производство высокоскоростных зубчатых колес средних модулей. – М. : «Машиностроение», 1998. – 228 с.

4 **Мардонов Б. Т.** Экспериментальное исследование обработки зубьев прямозубых цилиндрических зубчатых колес обкатным инструментом «шевером-прикатником» / Механика и технологии. – Тараз : Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2018. – №3 (61). – С. 64–71.

5 **Mardonov B. T.** The investigation of precision of installation pieces of cylindrical gears in the process of rolling gear shaving // International Journal of Scientific & Engineering Research. – Volume 8. – Issue 5. – May, – 2017. – 1205–1207 p.

6 **Мардонов Б. Т.** Исследование точности цилиндрических зубчатых колес, обработанных при различных установках обкатного инструмента // Научно-технический журнал ФерПИ. – Фергана. – 2018. – № 3. – С. 103–107.

7 **Евтушенко Т. Л., Ыксан Ж. М., Шумейко И. А.** Анализ формирования радиального биения зубчатого венца // Наука и техника Казахстана. – 2017. – № 3–4. – С. 19–25.

8 **Бобров В. Ф.** Основы теории резания металлов. – М : Машиностроение, 1995. – 230 с.

9 **Ольштынский П. В.** Лабораторный практикум по дисциплине «Процессы формообразования и инструменты». Часть 1: Учеб. пособ. / ВолгГТУ. – Волгоград, 2006 – 80 с.

10 **Шеров К. Т., Бузауова Т. М., Таттимбек Г., Альжанова А. Г.** Тісті дөңгелектерді дайындау сапасын қамтамасыз ету мәселелері // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 1. – С. 33–43.

11 **Насад Т. Г., Селиванов А. Н.** Экспериментальные исследования стружкообразования при обработке титанового сплава марки BT 1–0 методом высокоскоростного окружного фрезерования // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (56). – С. 138–144.

12 **Мусаев М. М.** Исследование и разработка комплексного способа обработки высокопрочных материалов. Специальность 6D071200 – «Машиностроение». Дисс. на соискание доктора PhD. – Караганда, 2017. – 152 с.

13 **Sherov K. T., Sikhimbayev M. R., Donenbaev B. S., Ainabekova S.** Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts // Journal of Theoretical and Applied Mechanics. – Sofia. – Vol. 47 No. 4. – 2017. – P. 23–36.

Материал поступил в редакцию 20.05.19.

Мардонов Бахтиер Тешаевич

т.ғ.д., доцент, «Машинажасау технологиясы» кафедрасы, Науайы мемлекеттік тау-кен институты, Науайы қ., 210100, Өзбекстан Республикасы, e-mail: mbt69@mail.ru.

Шеров Карибек Тагаевич

т.ғ.д., профессор, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы, e-mail: shkt1965@mail.ru.

Бузауова Тоты Мейірбековна

т.ғ.к., аға оқытушы, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы, e-mail: toty_77@mail.ru.

Маздубай Асылхан Владимирович

PhD, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asylkhan_m@mail.ru.

Альжанова Айжан Газизовна

магистрант, «Технологиялық жабдықтар, машинажасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100042, Қазақстан Республикасы,

e-mail: lunnaiduwa@mail.ru.

Материал баспаға 20.05.19 түсті.

Цилиндрлік тісті дөңгелектердің тістерін «Шевер-прикатникпен» өңдеу кезіндегі жоңқақалыптасу

Цилиндрлік тісті доңғалақтардың тістерін «шевер-прикатникпен» домалату аспабымен фиништік өңдеудің жаңа тәсілін әзірлеу кезінде жоңқаның түзілу процесін зерттеу орындалды. Құрал аспапты емес материалдан жасалған, яғни ШХ15 болаттан жасалған. Жоңқаның шөгуге коэффициенті есептеу орындалды. Нәтижесінде жоңқаның шөгуге коэффициентінің диапазоны $K_{у.с.} = 0,4 \div 0,85$ анықталды. Бұл ретте беттің ең төмен кедір-бұдырлығы ($Ra=0,32$ мкм) $K_{у.с.} = 0,4$ кезінде қамтамасыз етілгені анықталды. Өңдеу жылдамдығының жоңқа коэффициентінің мәніне әсер ету және жоңқа шөгуге коэффициентінің мәнінің өңделген беттің кедір-бұдырлығына әсер ету графиктері келтіріледі. Жоңқаның түзілу процесін кешенді зерттеу ШХ15 болаттан жасалған «шевер-прикатникпен» өңдеу кезінде жоңқаның сапалы ұсақталуы қамтамасыз етілетінін, жоңқаның құрылымы бірнеше нығыздалып, құралдың жұмыс шарттары жақсаратыны, сондай-ақ тісті дөңгелектердің тісті өңдеу сапасы артатыны көрсетті.

Кілтті сөздер: Таптау құралы, цилиндрлік тісті доңғалақтар, фиништік өңдеу, жоңқапайдалуы, жоңқаның шөгуге, кедір-бұдырлық.

Mardonov Bakhtier Teshaeovich

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Engineering Technology, Navoi State Mining Institute, Navoi, 210100, Republic of Uzbekistan, e-mail: mbt69@mail.ru.

Sherov Karibek Tagayevich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of «Technological Equipment, engineering and standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: shkt1965@mail.ru.

Buzauova Toty Meirbekovna

Ph.D., Art. Lecturer, Department of «Technological equipment, Engineering and Standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: toty_77@mail.ru.

Mazdubai Asylkhan Vladimirovich

PhD, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan, e-mail: asylkhan_m@mail.ru.

Alzhanova Aizhan Gazizovna

undergraduate student, Department of «Technological equipment, engineering and standardization», Karaganda State Technical University, Karaganda, 100042, Republic of Kazakhstan, e-mail: lunnaiduwa@mail.ru
Material received on 20.05.19.

The study of chip formation during the processing of cylindrical gears teeth with «shever-prikatnik»

The study of the process of chip formation in the development of a new method of finishing the teeth of cylindrical gears with a wheel shever-prikatnik tool was carried out. The tool is made of non-instrumental material, i.e. from steel SHKh15. The calculation of chip shrinkage ratio has been performed. As a result, the range of the value of the chip shrinkage coefficient $K_{ch.sh.} = 0.4 \div 0.85$ was determined. It was found that the lowest surface roughness ($Ra = 0.32 \mu m$) of the surface is ensured at $K_{ch.sh.} = 0.4$. Graphs of the effect of processing speed on the value of the chip rate and the effect of the value of the chip shrinkage factor on the surface roughness are given. A comprehensive study of the process of chip formation showed that the processing of «Shever-prikatnik» made of steel SHKh15 provides high-quality crushing chips, somewhat weakens the structure of chips, and improves the working conditions of the tool, as well as improving the quality of finishing machining of gear teeth.

Keywords: Rolling tool, spur gear, finishing, chip formation, chip shrinkage, roughness.

ГРНТИ 67.11.31

Жолдыбаев Шахман Серикбаевич

к.т.н., доцент, кафедра «Технологические машины и строительства», АО «Жезказганский университет имени О. А. Байконурова», г. Жезказган, 600100, Республика Казахстан, +schachman@mail.ru.

Омаров Жумабек Мухтарович

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Архитектура и дизайн», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: zhumabek-omarov@mail.ru.

Жандалинова Кульжамал Айтбаевна

к.т.н., ассоц. профессор (доцент), кафедра «Архитектура и дизайн», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан.

Оразова Динара Казбековна

PhD, ассоциированный профессор (доцент), кафедра «Промышленное, гражданское и транспортное строительство», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: d-orazova@bk.ru.

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ ТРЕХСЛОЙНЫЕ ПЛИТЫ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ТЕПЛЫХ ЧЕРДАКОВ

Проведены экспериментальные исследования в натуральных размерах железобетонных трёхслойных плит покрытий со средним слоем из пенополистирола не имеющих внутренних рёбер, в отличие от других конструкций, что является «мостиком» холода. Рассматривается два варианта плит покрытий с учётом толщины серийно выпускаемых пенополистирольных плит 50 и 100 мм с общими толщинами плит 200 и 220 мм соответственно. Приводятся экспериментальные данные на трещиностойкость, образование и развитие трещин в элементах плит, прогибы и несущая способность.

Ключевые слова: плиты покрытия, пенополистирол, верхний и нижний бетонный слой, сетка, теплоизолирующий слой, армирование, теплотехнический расчёт, каркас, расчётная температура, мостик холода, трёхслойная плита.

ВВЕДЕНИЕ

В покрытиях в основном применяется плиты балочного опирания. Плиты покрытия, как несущие конструкции, требуют значительного расхода материалов. Если принять среднюю этажность зданий за семь, то одна-седьмая часть плит составляет плиты покрытия. Поэтому одна из важнейших задач является выявления резервов снижения материалоемкости, трудоемкость и стоимости строительства.

Утепленные двух и трехслойные плиты покрытий применяются при устройстве теплых чердаков. Двухслойные плиты обычно изготавливают с верхним слоем из тяжелого бетона и нижним слоем из легкого бетона. Эти конструкции получаются слишком тяжелыми. Трехслойные плиты покрытий делают из тяжелого морозостойкого бетона класса В25:В30 со средним слоем из пенополистирола.