

УДК 621.923.5

Э.Н. Сарычев, Симферополь, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ AlCrN НА ИЗМЕНЕНИЕ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ В ПРОЦЕССЕ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ

У статті представлені результати експериментальних досліджень пов'язаних із застосуванням черв'ячних фрез з зносостійким покриттям AlCrN в процесі зубофрезерування. Показана ефективність застосування даного покриття, що виражається у зменшенні крутного моменту, а так само зміна площі контакту передньою поверхнею інструменту.

В статье представлены результаты экспериментальных исследований связанных с применением червячных фрез с износостойким покрытием AlCrN в процессе зубофрезерования. Показана эффективность применения данного покрытия, выражающаяся в уменьшении крутящего момента, а так же изменение площади контакта передней поверхностью инструмента.

The paper presents the results of experimental studies related to the use of hobs with wear-resistant coating AlCrN during hobbing. The effectiveness of the application of this coating results in a reduction of torque, as well as a change in the contact area of the front surface of the tool.

Силы резания в зубофрезеровании являются важным параметром обработки, оказывающим влияние на точность и качество обработанной поверхности нарезаемых колес. В большинстве составляющие силы резания определяются на основе регрессионных зависимостей, полученных в результате обработки экспериментальных данных [1].

Измерение сил резания при зубофрезеровании достаточно трудоемкий метод в силу того, что относительные движения заготовки с червячной фрезой являются сложным пространственным, многофункциональным и многопараметрическим процессом рис. 1

Определениями силовых зависимостей при зубофрезеровании занимались следующие ученые: Э.Н. Гулида, А.М. Розенберг, Г.Г. Овумян и др. Однако, полученные ими эмпирические выражения носят частный характер (учитывают узкодиапазонные условия экспериментов) и зависят от режимов резания. Таким образом, определение сил резания эмпирическим путем может привести к большим погрешностям расчетов из-за многочисленных взаимосвязанных факторов [3].

Влияние свойств инструментального материала на величины сил резания вызвано изменением коэффициента трения на контактных поверхностях инструмента.

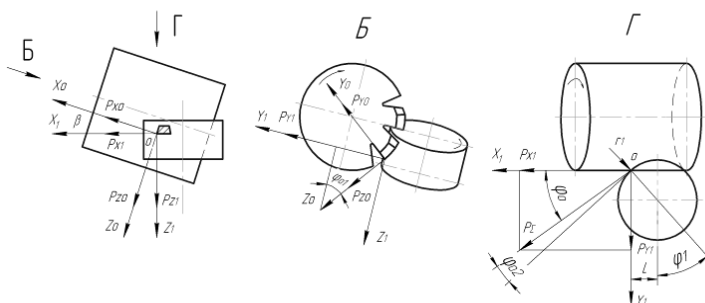


Рисунок 1 – Составляющие силы резания, действующие на инструмент и заготовку в процессе зубофрезерования [2]

Так, для изменения физикохимии контактного взаимодействия инструмента и обрабатываемого материала наносят на рабочие поверхности инструмента защитное покрытие на основе карбидов и нитридов тугоплавких металлов.

Таким одним из последних износостойких покрытий, созданное около трех лет назад, является многослойное покрытие AlCrN. Данное покрытие имеет тройную структуру: базовый слой покрытия – CrN; центральный слой - нанослой из Al/CrN; верхний слой представляет собой монокристалл (AlCrN). Покрытие может быть нанесено на червячные фрезы, как из порошковой быстрорежущей стали, так и из твердого сплава [4].

С целью определения степени реальных показателей изменений напряжений на контактных поверхностях зубьев червячной фрезы с покрытием AlCrN при нарезании колес были проведены станочные исследования по определению крутящего момента как важным суммарным показателем изменения сил резания.

Исследования проводились на зубофрезерном станке модели LIEBHERR LC 180 с ЧПУ (рис. 2).

Станок обладает опцией – измерение крутящего момента инструмента. Данные с датчиков станка выводились на экран стойки в виде диаграммы (рис. 3).

Измерение крутящего момента осуществлялось при нарезании колес одним зубом червячной фрезы. Для этого, цельную червячную фрезу разрезали на отдельные зубья с помощью электроэрозионной обработки. Зуб устанавливали в специальную кассету на шпинделе станка. Таким образом, получили однозубую червячную фрезу (рис. 4).

Исследовались следующие комплекты зубьев с модулем 2,7 мм из порошковой быстрорежущей стали марки S390: зубья без покрытия [PM-HSS(S390)] (3 зуба) и с многослойным покрытием AlCrN [PM-HSS(S390)+AlCrN] (3 зуба), а также зубья из твердого сплава с тем же покрытием AlCrN [HM+AlCrN] (3 зуба). Применялось попутное фрезерование. Нарезание осуществлялось всухую.



Рисунок 2 – Станок зубофрезерный модели LIEBHERR LC 180

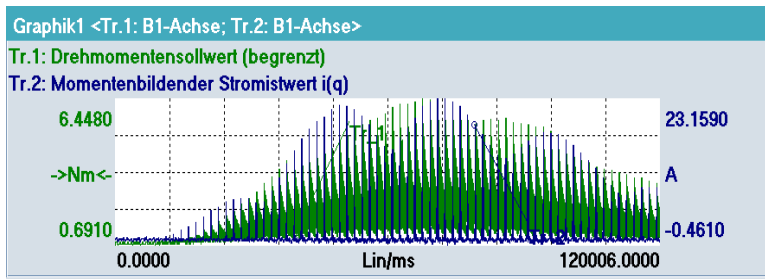


Рисунок 3 – Вид диаграммы крутящего момента на дисплее станка LIEBHERR LC 180.

Обрабатываемым материалом подвергалась зарубежная сталь марки 20MnCr5 (ZF7b), ее аналог отечественная легированная конструкционная сталь 18ХГ ГОСТ 4543-71.



Рисунок 4 – Конструкция однозубой червячной фрезы

На рис. 5 представлена гистограмма полученных данных усредненных значений крутящих моментов при нарезании колес в течение одной осевой подачи. Нарезание колес осуществлялось до достижения критического износа для всех поверхностей данных зубьев, равный 0,13 мм.

Критический износ зубьев из быстрорежущей стали без покрытия [PM-HSS(S390)] достиг после обработки одного колеса, износ зубьев из быстрорежущей стали с покрытием [PM-HSS(S390)+AlCrN] - после седьмого колеса; зубья из твердого сплава [HM+AlCrN] - после восьмого колеса.

На гистограмме видно, что при нарезании колес зубьями без покрытия [PM-HSS(S390)] крутящий момент имеет наиболее высокие значения, однако при нарезании зубьями с покрытием [PM-HSS(S390)+AlCrN] наблюдается снижение крутящего момента на 25%, а при нарезании зубьями из твердого сплава с покрытием [HM+AlCrN] заметно снижение крутящего момента еще на 25%, при том, что режимы резания увеличены почти в 2 раза.

В табл. 1 представлены снимки изменения площади контакта зубьев с обрабатываемой деталью на передней поверхности зубьев червячной фрезы до достижения критического износа (0,13 мм). Различия в изменениях площади контакта при нарезании колес данными зубьями достаточно заметны.

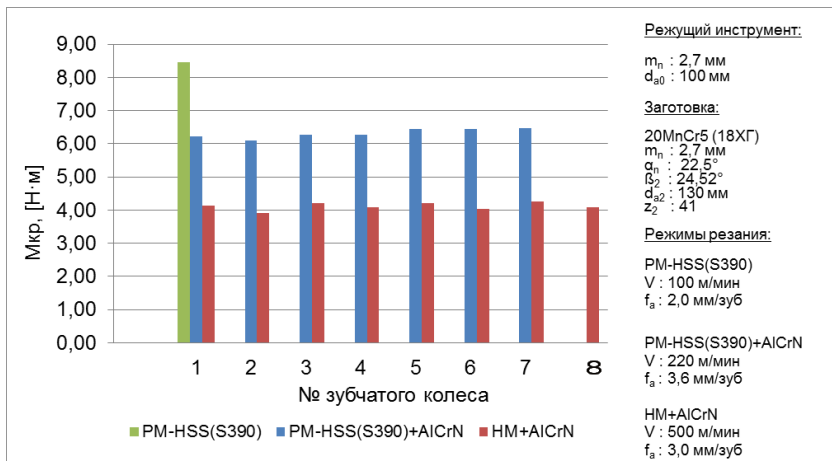







Рисунок 5 – Значение крутящих моментов зубьев червячной фрезы: PM-HSS(S390), PM-HSS(S390)+AlCrN и HM+AlCrN

Полученные снимки позволяют отметить, что при нарезании колес зубьями без покрытия [PM-HSS(S390)] площадь контакта расположилась от вершины зуба, и продвигается вдоль входной режущей кромки к основанию зуба. Причиной такого изменения вида передней поверхности объясняется большими контактными нагрузками (силами резания, а, следовательно, большим коэффициентом трения) со стружкой и обрабатываемого материала. При нарезании зубьями с покрытием [PM-HSS(S390)+AlCrN] можем видеть значительное уменьшение площади контакта и образование луночного износа на передней поверхности, сфокусированного в одной зоне поверхности. Площадь контакта при нарезании зубьями из твердого сплава с покрытием [HM+AlCrN] расположилась вдоль линии вершины зуба передней поверхности и отсутствием луночного износа.

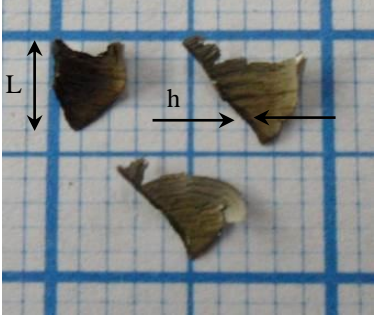


Такое изменение площади контактных нагрузок можно объяснить влиянием «вторичных» структур активных компонентов среды (воздуха) на участке упругого контакта, появившихся в результате дополнительного нагрева передней поверхности за счет увеличения скорости при использовании зубьев разного материала. При повышении температуры контакта на передней поверхности зуба с покрытием AlCrN образуются окисные пленки Al_2O_3 , препятствующие схватыванию материала стружки с зубом, в результате чего уменьшается длина контакта, а, следовательно, увеличивается среднее контактное давление, уменьшается средний коэффициент трения.

В табл. 2 представлены снимки стружек при резании червячной фрезы из указанных инструментальных материалов на коэффициент укорочения стружки. Как известно, что показателем снижения коэффициента трения на передней поверхности является уменьшение коэффициента усадки стружки. Отсюда, снижение значений этого коэффициента является показателем облегчения процессов деформации.

Таблица 1 – Снимки изменения передней поверхности зуба червячной фрезы

№	Исследуемые зубья	Снимок передней поверхности зуба после нарезания первого колеса	Снимок передней поверхности зуба после достижения критического износа (0,13 мм.)
1	PM -- HSS(S390) (V=220м/мин; f _a =3,6 мм/зуб)	-	 После 1-го колеса
2	PM - HSS(S390)+ +AlCrN (V=220м/мин, f _a =3,6 мм/зуб)		 После 7-го колеса
3	HM+AlCrN (V=500м/мин; f _a =3,0 мм/зуб)		 После 8-го колеса

Таблиця 2 – Усадка стружки при нарезанні колес зубьями в процесі зубофрезерування

№	Исследуемые зубья	Фото стружки после нарезания 1-го колеса
1	PM-HSS(S390) $(V=220\text{м/мин}; f_a=3,6\text{ мм/зуб})$ $L=4,8\text{ мм}$ $h=0,43\text{ мм}$	
2	PM-HSS(S390)+AlCrN $(V=220\text{м/мин}, f_a=3,6\text{ мм/зуб})$ $L=5,3\text{ мм}$ $h=0,4\text{ мм}$	
3	HM+AlCrN $(V=500\text{м/мин}; f_a=3,0\text{ мм/зуб})$ $L=6,2\text{ мм}$ $h=0,3\text{ мм}$	

На основе проведенных станочных исследований и полученных результатов можно сделать следующие выводы.

Нанесение многослойного покрытия AlCrN на червячные фрезы ведет к уменьшению составляющих сил резания, в частности крутящего момента, позволяет значительно увеличить скорость резания. Покрытие снижает коэффициент укорочения стружки и площадь контакта стружки с передней поверхностью инструмента. Это, в свою очередь, вызывает повышение нормальных контактных напряжений, снижение запаса пластической прочности и сопротивления режущего клина режущего инструмента упругопластическим деформациям в процессе резания.

Список использованных источников: 1. Браилов, И.Г. К вопросу моделирования зубофрезерования / И.Г. Браилов, С.П. Андросов // Наука и производство – 2009: Материалы Международной научно – практической конференции в 2 ч. – Брянск: БГТУ, 2009. – Ч. 2. – С. 16- 18. 2. Сидоренко Л.С. Расчет сил резания при обработке зубьев червячной фрезой// Станки и инструмент – 1992г. – №12 – с.20-23. 3. Гузеев, В.И. Теория и методика расчета производительности контурной обработки деталей разной точности на токарных и фрезерных станках с ЧПУ: дис...докт. техн. наук / В.И. Гузеев. – Челябинск: Изд-во ЧПИ, 1994. – 517 с. 4. Oerlikon Balzers, 2008, Balinit Alcrona pro.

Bibliography (transliterated): 1. Brailov, I.G. K voprosu modelirovaniya zubofrezzerovaniya / I.G. Brailov, S.P. Androssov // Nauka i proizvodstvo – 2009: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoj konferencii v 2 ch. – Brjansk: BGTU, 2009. – Ch. 2. – S. 16- 18. 2. Sidorenko L.S. Raschet sil rezaniya pri obrabotke zub'ev chervjachnoj frezoz// Stanki i instrument – 1992g. – №12 – s.20-23. 3. Guzeev, V.I. Teorija i metodika rascheta proizvoditel'nosti konturnoj obrabotki detalej raznoj tochnosti na tokarnyh i frezernyh stankah s ChPU: dis...dokt. tehn. nauk / V.I. Guzeev. – Cheljabinsk: Izd-vo ChPI, 1994. – 517 s. 4. Oerlikon Balzers, 2008, Balinit Alcrona pro.

Поступила в редколлегию 19.08.2014