

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горохов В.А. Технологические пути улучшения качества и свойств прецизионных деталей. — М.: СНИО СССР, 1990. — 70 с.
2. Горохов В.А. Способ контроля качества поверхности и устройство для его осуществления. А.с. СССР № 1226008, 1985.
3. Горохов В.А. Устройство для контроля качества поверхностей. А.с. СССР № 1665216, 1991.
4. Горохов В.А. Способ контроля микрогеометрии поверхности и устройство для его осуществления. Патент РФ № 3936, 2001.
5. Горохов В.А. Способ контроля шероховатости поверхности (варианты) и устройство для его осуществления. Патент РФ № 4069, 2001.

УДК 621.9.025.01

С.Н. Григорьев, В.Д. Гурин, А.В. Геранюшкин

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

*Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
Москва, Россия*

На сегодняшний день одной из актуальных проблем в технологическом процессе механической обработки материалов, является контроль и диагностика состояния режущего инструмента в процессе резания, являющиеся составной частью информационного обеспечения автоматизированного производства. Исследования по диагностике режущего инструмента свидетельствуют о многообразии параметров, которые при различных условиях резания отображают состояние инструмента и оборудования. Поэтому из зоны резания необходимо получать информацию о процессе с целью выбора параметра (диагностического признака) в наибольшей степени изменяющегося при соответствующем изменении величины, принятой за критерий отказа режущего инструмента.

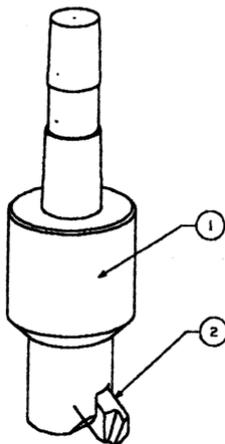
Определение наиболее информативных диагностических признаков при концевом фрезеровании титановых сплавов в настоящей работе осуществлялось с учетом особенностей конструкции концевого инструмента.

К особенностям концевых фрез необходимо отнести:

- наличие винтовых стружечных канавок, расположенных под углом  $\omega = 32^\circ$  к оси инструмента;
- величина переднего угла  $\gamma$ , определяющая положение передней поверхности относительно главной режущей кромки;

- величина заднего угла  $\alpha$ , определяющая положение винтовой задней поверхности.

Перечисленные особенности концевой фрезерного инструмента, предполагают проведение исследований или на реальном инструменте, что приводит к неоправданно большому расходу концевых фрез, или на сменных режущих пластинах, моделирующих реальный зуб концевой фрезы и имеющих аналогичную геометрию. Поэтому была разработана методика проведения стойкостных и силовых исследований на специальном инструменте, воспроизводящем один зуб концевой фрезы с винтовой стружечной канавкой (рис. 1). Инструментальная оснастка представляет собой корпус 1 и сменную режущую пластину 2 из быстрорежущей стали, имитирующую зуб концевой фрезы.



*Рис. 1. Специальная инструментальная оснастка, моделирующая работу концевой фрезы*

Геометрические параметры сменной режущей пластины были выбраны с учетом особенностей обработки титановых сплавов и соответствовали следующим значениям:

Таблица 1

$\gamma$	$\alpha$	$\omega$	$\varphi_1$	$\alpha_1$	$f$
$5^\circ$	$12^\circ$	$32^\circ$	$3^\circ$	$15^\circ$	0,8...1,0 мм

Сменная многогранная пластина была построена на основе создания твердотельной модели в среде UNIGRAPHICS NX, позволившей реализовать сложное пересечение винтовых передних и задних поверхностей с учетом требуемой геометрии концевой фрезы.

В настоящий момент в связи с развитием компьютерной техники появляется большое количество систем преобразования аналогового сигнала на базе компьютера. Так как система диагностирования режущего инструмента представляет собой измерительный комплекс по сбору и обработке экспериментальных данных, наиболее важным качеством должна являться возможность совмещения на базе одного компьютера нескольких инструментов, таких как измерительная аппаратура аналогового сигнала и система обработки данных, связанных между собой в единую систему.

В МГТУ «СТАНКИН» на кафедре «Высокоэффективные технологии обработки» (ВТО) была создана система контроля и диагностики состояния режущего инструмента и процесса резания на базе аппаратуры National Instruments и пакета прикладных программ графического программирования LabVIEW. Данный комплекс обладает возможностью осуществлять функции множества измерительных приборов различного назначения, а также функции обработки результатов измерений, т.е. представлять результаты измерений тех величин, которые наиболее полно характеризует изменения, происходящие в процессе резания и состоянии инструмента. Система реализована на базе стандартного компьютера, работающего под управлением операционной системы Windows, многофункционального аналогово-цифрового синхронизирующего устройства DAQPad-6020E и устройства согласования сигнала SCXI модульного типа, обеспечивающего прием аналогового сигнала в широком диапазоне. Данный комплекс обеспечивает высококачественные измерения без потери точности на высоких скоростях опроса и коэффициентах усиления, а также расширенные возможности синхронизации для гибкости системы ввода-вывода сигналов. Функциональные возможности определяются наличием 12-ти битного аналогово-цифрового преобразователя, с производительностью работы до 100 тысяч отсчетов в секунду. DAQPad-6020E имеет модульную схему, поэтому легко компонуется и настраивается используемым программным обеспечением.

Комплекс позволяет обрабатывать разнообразные виды сигналов. Все действия по настройке и работе контрольно-измерительного комплекса обеспечиваются с помощью прикладных программ LabVIEW. Программное обеспечение, разработанное в среде графического программирования LabVIEW, основано на языке программирования G и используется для ввода/вывода, обработки, анализа и визуализации сигналов систем контроля и управления. Составленные программы происходят из графических объектов, именуемых виртуальными приборами, взамен традиционного написания большого объема текста.

Исследования по диагностике состояния концевых фрез проводились на станке VM127 при помощи измерительного комплекса и методики, разрабо-

танной на кафедре ВТО. В качестве обрабатываемого материала использовался титановый сплав ВТ — 20.

В результате проведенных исследований были получены осциллограммы составляющих силы резания  $F_v$  и  $F_h$  при встречном фрезеровании. Составляющие силы рассматривались как векторы, действующие на зуб фрезы в двух системах прямоугольных координат с общим центром. Векторы  $F_v$  и  $F_h$  принадлежат системе координат, координатные оси которой перемещаются параллельно сами себе (квасинеподвижная система). Векторы  $F_v$  и  $F_z$  находятся в координатных осях, вращающихся относительно квазинеподвижной системы вместе с зубом фрезы. По полученным значениям составляющих силы резания  $F_v$  и  $F_h$ , находились значения составляющих  $F_v$  и  $F_z$ .

По найденным мгновенным значениям составляющих силы резания, находили коэффициент чувствительности (информативности) по следующей зависимости:

$$k = \frac{F_{(h=0)}}{F[h]},$$

где  $k$  — коэффициент чувствительности;  $F_{(h=0)}$  — значение исследуемого диагностического параметра при износе  $h = 0$ ;  $F[h]$  — значение исследуемого диагностического параметра при допустимом износе режущего инструмента.

Далее находили коэффициент чувствительности для каждого выбранного параметра и выбирали наибольший. Как показало дальнейшее изучение процесса концевое фрезерование титановых сплавов, этого было недостаточно для нахождения наиболее оптимального косвенного диагностического признака. Полученные осциллограммы составляющих силы резания  $F_v$  и  $F_h$  за определенное время работы инструмента, показывают, что даже за очень короткий промежуток времени (10 секунд) при работе острозаточенным инструментом, сила  $F_h$  ведет себя нестабильно. В определенный момент времени происходит ее почти двукратное увеличение, а потом резкое уменьшение и постепенное возрастание до величины предшествующей этому скачку.

Это поведение повторяется с определенным периодом и может быть связано с налипанием стружки на переднюю поверхность режущей пластины. В тоже время составляющая силы резания  $F_v$  ведет себя стабильно на всем промежутке времени работы инструмента. Опираясь на эти данные и учитывая величину коэффициента чувствительности, можно рекомендовать для выбора наиболее информативного косвенного диагностического признака при концевом фрезеровании титановых сплавов составляющую силы резания  $F_v$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Синопальников В.А., Григорьев С.Н. Надежность и диагностика технологических систем. Учебник. — М.: ИЦ МГТУ «СТАНКИН», Янус-К, 2003. — 331 с.
2. Синопальников В.А., Еременко И.В. Диагностика процесса резания и инструмента. — М., 1991. — 127 с.
3. Гурин В.Д., Синопальников В.А. Методика расчета силовых параметров для диагностирования концевых фрез // Производство. Технология. Экология: Тр. международной научно-практической конф. Т.3. — М.: МГТУ «СТАНКИН», 2001. — С. 741–743.
4. Алепин С.В., Гурин В.Д., Геранюшкин А.В. Диагностика состояния концевых фрез при обработке резанием титановых сплавов // Производство. Технология. Экология: Сборник трудов конференции. — М.: МГТУ «СТАНКИН», 2003. — С. 403–407.
5. Геранюшкин А.В. Диагностика состояния концевых фрез при обработке титановых сплавов // Ресурсосберегающие технологии в машиностроении. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции 2003 г. — Алтайский гос. техн. ун-т, БТИ. Бийск, 2003. — С. 15–19.

УДК 621.941

В.А. Данилов, Р.А. Киселев

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ПАЗОВ НА ТОРЦАХ ДЕТАЛЕЙ ПО СХЕМЕ С НЕПРЕРЫВНЫМ ДЕЛЕНИЕМ**

*Полоцкий государственный университет  
Новополоцк, Беларусь*

Обработка пазов на торцах деталей типа индукторов антиблокировочной системы (АБС) автомобилей обычно производится дисковыми фрезами по методу прерывистого деления на универсальных фрезерных станках, оснащенных делительными головками. Более эффективной по точности и производительности обработки, а так же степени автоматизации данной операции является схема формообразования пазов по методу непрерывного деления с помощью резовых головок или специальных режущих инструментов, в частности, секторного типа [1]. Такой инструмент за каждый оборот позволяет формировать один паз, что обеспечивает высокую производительность процесса обработки.