

В перспективе можно обеспечить условия, при которых смещение рабочего органа будет максимально приближено к нулевому значению, но это возможно только при развитии систем адаптивного управления жёсткостью промышленного робота.

Вид управления универсальным промышленным роботом будет соответствовать контурному типу методом обучения. На начальном этапе, разработаны: блок-схема адаптивного управления универсальным роботом с самообучением, и блок-схема программы корректировки смещения рабочего органа в пространстве.

Список использованных источников

1. KUKA [Электронный ресурс] / KUKA Roboter GmbH — Режим доступа: <http://www.kuka-robotics.com/ru> — Дата доступа: 14.11.2013 г.
2. ABB [Электронный ресурс] / 2014 ABB — Режим доступа: <http://www.abb.com> — Дата доступа: 14.11.2013 г.
3. FANUC [Электронный ресурс] / FANUC Robotics — Режим доступа: <http://www.fanucrobotics.ru> — Дата доступа: 14.11.2013 г.
4. Машиностроение [Электронный ресурс]: Механизмы параллельной структуры в металлорежущих станках / Щелкунов Е. Б., Виноградов С. В. — Режим доступа: <http://www.uzknastu.ru/files/pdf/2012-12-1/52-61.pdf> — Дата доступа: 19.09.2013 г.
5. Полозов, Д. С. Расчет методом конечных элементов звена промышленного робота / Д. С. Полозов, Н. В. Путеев // Вестник Витебского государственного технологического университета. — 2013. — № 24. — С. 70.
6. Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимация / О. Зенкевич. — Москва: Мир, 1986. — 387 с.
7. Алямовский, А. А. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский — Москва: ДМК Пресс, 2004. — 432 с.

УДК 621.92

## МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ В ТВЕРДОСПЛАВНОМ РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ ПРИ ЗАТАЧИВАНИИ

*К.т.н., доц. Реченко Д.С., маг. Ильин Е.В.*

*Омский государственный технический университет*

Режущие элементы твердосплавного инструмента имеют сложную трехмерную геометрическую конфигурацию. Из ранее проведенных исследований [1, 2, 4, 5, 7] известно, что разрушение материала режущих элементов, как правило, происходит вдоль режущего лезвия на расстояниях, не превышающих 0,3 мм.

Для моделирования процесса затачивания твердосплавного режущего элемента принята схема обработки и действующие при этом динамические составляющие процесса, соответствующие торцевому шлифованию. Затачиваемый режущий элемент, имеющий форму пластины, с углом заострения  $\beta$  закреплен неподвижно в специальной оснастке. Шлифовальный круг (в данном случае чашечный конический) вращается вокруг своей оси с постоянной скоростью  $V$  м/с. Кроме того, шлифовальный круг поступательно движется в сторону затачиваемого режущего элемента с постоянной скоростью, равной величине продольной подачи  $S_{пр}$  м/мин. В процессе затачивания с поверхности режущего элемента снимается слой материала равный величине поперечной подачи  $S_{поп}$  мм/дв.ход.

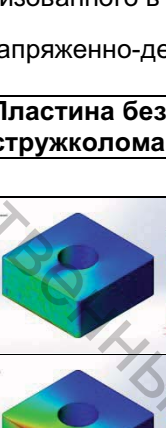
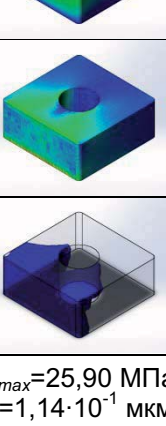
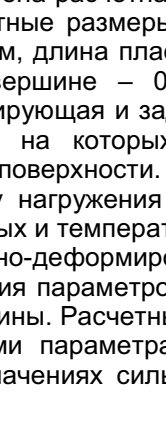
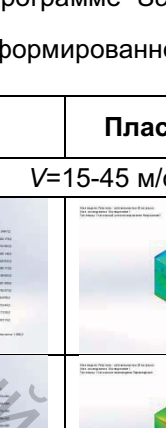
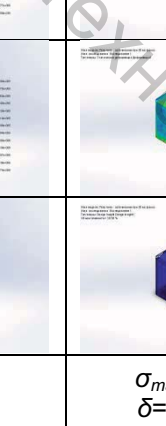
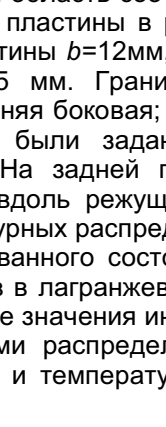
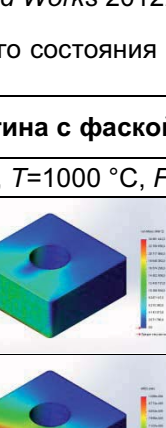
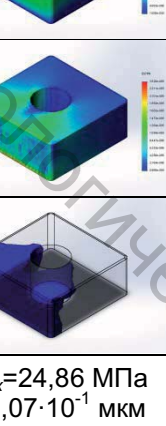
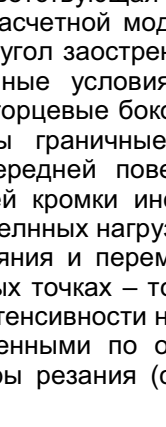

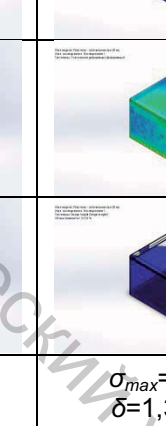
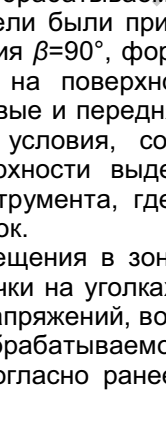
Примем некоторые допущения для оценки напряженно-деформированного состояния режущей кромки: материал режущего элемента считается однородный сплошной и анизотропный и в процессе обработки он испытывает незначительные деформации; разрушение материала считается хрупким, т.е. при превышении предела прочности происходит отслаивание материала; технологические силы, действующие на режущий элемент со стороны шлифовального инструмента, распределены равномерно по поверхности затачивания; предполагается, что режущая кромка является абсолютно острой (радиус округления равен нулю); все зерна шлифовального круга имеют одинаковый размер и обеспечивают равномерное распределение сил.

Процесс шлифования представляет собой распределенные по объему зерна, размеры которых находятся в узком диапазоне отклонений и сами зерна геометрически отличаются друг от друга. В результате каждое зерно круга снимает малую часть материала, существенное

влияние оказывает рабочий диаметр круга и скорость сдвига в месте обработки. Допущение об однородной поверхности круга может приводить к завышенным значениям параметра поврежденности вблизи области шлифования. Тем не менее, распределение дефектов в режущем клине должно быть подобно реализующемуся на практике. Уровень остаточных напряжений и степень поврежденности твердых материалов в зоне шлифования зависят от большого количества технологических и физических факторов. Определение рационального сочетания параметров процесса затачивания зависит не только от физико-механических свойств обрабатываемого материала, но и конкретных геометрических размеров изделия. Выберем в качестве объекта исследования клин определенной ширины и длины с углом заострения  $\beta=90^\circ$ , и углом в плане  $90^\circ$  в зависимости от условий обработки и сочетания инструментального и обрабатываемого материала.

В качестве примера, исследуем систему композиционного твердого сплава марки ВК8, в состав которого входят карбиды вольфрама  $WC$  и кобальт  $Co$ . Экспериментальные данные о механических характеристиках сплавов  $WC-Co$  широко представлены в литературе [6]. Решение вычислительной модели выполнено на примере твердого сплава ВК8 с помощью конечно-разностного метода, реализованного в программе *Solid Works 2012*.

Таблицы 1 – Оценка напряженно-деформированного состояния в затачиваемой пластине при скорости сдвига 15-45 м/с

Тип пластины	Пластина без стружколома	Пластина с фаской	Пластина со стружколомом
	V=15-45 м/с, T=1000 °C, F=300 Н		
Распределение напряжения			
Распределение перемещения			
Распределение деформации			
Область распределения напряжений			
Параметры расчетов	$\sigma_{max}=25,90$ МПа $\delta=1,14 \cdot 10^{-1}$ мкм	$\sigma_{max}=24,86$ МПа $\delta=1,07 \cdot 10^{-1}$ мкм	$\sigma_{max}=25,10$ МПа $\delta=1,31 \cdot 10^{-1}$ мкм

Для этого была построена расчетная область соответствующая обрабатываемой пластине из твердого сплава. Габаритные размеры пластины в расчетной модели были приняты равными: ширина пластины  $a=12$  мм, длина пластины  $b=12$  мм, угол заострения  $\beta=90^\circ$ , форма пластины – квадрат, радиуса при вершине – 0,5 мм. Граничные условия на поверхностях жесткого закрепления: нижняя базирующая и задняя боковая; торцевые боковые и передняя поверхности свободные поверхности, на которых были заданы граничные условия, соответствующие свободной от нагрузки поверхности. На задней передней поверхности выделена область, соответствующая участку нагружения вдоль режущей кромки инструмента, где были заданы граничные условия силовых и температурных распределенных нагрузок.

Для оценки напряженно-деформированного состояния и перемещения в зоне шлифования были рассчитаны изменения параметров в лагранжевых точках – точки на уголках и посередине на режущей кромке пластины. Расчетные значения интенсивности напряжений, возникающие при шлифовании с заданными параметрами распределенными по обрабатываемой поверхности получали при крайних значениях силы и температуры резания (согласно ранее проведенным исследованиям):

- для классического шлифования чашечным шлифовальным кругом усилия резания 100-300 Н, линейная скорость сдвига материала с обрабатываемой поверхности 15-45 м/с, температура в зоне шлифования 400-1000 °С.

- для высокоскоростного шлифования специальным шлифовальным кругом усилия резания 5-30 Н, линейная скорость сдвига материала с обрабатываемой поверхности 200-270 м/с, температура в зоне шлифования 200-400 °С.

Наибольший интерес, с точки зрения качества затачивания режущего лезвия и поверхностей инструмента, имеет распределение значений параметров напряжений и перемещений режущего лезвия. Результаты исследования той же модели в условиях высокоскоростного шлифования представлены в таблице 2.

Таблица 2

Тип пластины	Пластина без стружколома	Пластина с фаской	Пластина со стружколомом
	V=200-270 м/с, T=200 °С, F=5 Н		
Распределение напряжения			
Распределение перемещения			
Распределение деформации			
Область распределения напряжений			
Параметры расчетов	$\sigma_{max}=3,46$ МПа $\delta=5,07 \cdot 10^{-3}$ мкм	$\sigma_{max}=3,11$ МПа $\delta=4,68 \cdot 10^{-3}$ мкм	$\sigma_{max}=3,14$ МПа $\delta=5,42 \cdot 10^{-3}$ мкм

При повышении скорости резания до 200-270 м/с наблюдается снижение напряжений в 1,3...7,8 раза (в среднем в 4,6 раза), а перемещения снижаются в 0,6...23,2 раза (в среднем в 11,9 раза). Результаты моделирования процесса шлифования пластины из сплава ВК8 при линейной скорости до 45 м/с и прижимающем усилии свыше 100 Н и температуре свыше 400 °С свидетельствуют о возможности образования повреждений в объеме пластины под обрабатываемой поверхностью, что также подтверждается исследованиями других авторов.

Список использованных источников

1. Артамонов, Е.В. Напряженно-деформированное состояние и прочность режущих элементов инструментов / Е.В. Артамонов, И.А. Ефимович, Н.И. Смолин, М.Х. Утешев / Под ред. М.Х. Утешева. – М.: ООО «Недра:Бизнесцентр», 2001. – 199 с.: ил.
2. Бобров, В.Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 344 с.
3. Деренговский, А.Г. Напряженно-деформированное состояние линейно-упругого материала в окрестности вершины остроугольного концентратора напряжений: Дисс. ... канд. техн. наук. – Орел, 2007. – 196 с.
4. Захаренко, И.П. Алмазная заточка твердосплавного инструмента / И.П. Захаренко, А.А. Шмелев. – Киев: Наукова думка, 1978. – 218 с.
5. Лоладзе, Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента / Т.Н. Лоладзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
6. Панов, В.С. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них / В.С. Панов, А.М. Чувиллин. – М.: «МИСИС», 2001. – 428 с.
7. Полетика, М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М.: Машиностроение, 1969. – 148 с.: ил.