

### Литература

1. Лютцау А.В., Котелкин А.В., Звонков А.Д., Матвеев Д.Б. Новые средства диагностики неразрушающего контроля напряженного состояния заготовок и изделий. // В сб. «Пластическая деформация сталей и сплавов» – М.: Изд-во МИСиС, 1996. 436 – 441с.
2. Лютцау А.В., Котелкин А.В., Звонков А.Д., Матвеев Д.Б., Середа В.Н., Каксис Ю.А. Портативные рентгеновские дифрактометры для неразрушающего контроля напряжений в поверхностных слоях объектов техники. // «Контроль. Диагностика», № 1, М. 2000, 18-20с.
3. Корольков В.И. Технология и оборудование процессов ротационной вытяжки. // Воронеж. Изд-во ВГТУ, 1999. 115 с.
4. Лисунец Н.Л. Коликов А.П. Качалин А.А. Исследование влияния технологических факторов ротационной вытяжки на качество заготовок сложнопрофильных деталей из коррозионно-стойких и жаропрочных сталей. // «Кузнечно-штамповочное производство» 2006, № 5. 24-26 с.

### **Моделирование контакта инструмента с деталью при обработке выглаживанием в программной среде Компас 3D**

д.т.н. проф. Кузнецов В.А., Сазонов Д.А., Смирнов А.В.  
МГТУ «МАМИ»

8 (495) 223-05-23, доб. 1219, 1214, [vak@mami.ru](mailto:vak@mami.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрена проблема максимально точного определения площади контакта инструмента с деталью в процессе обработки выглаживанием наружных цилиндрических поверхностей. В качестве инструмента рассматривались токарные пластины стандартной геометрии (SNMG). Подробно описана методика моделирования контактного взаимодействия, приведены результаты аналитической обработки полученных данных.

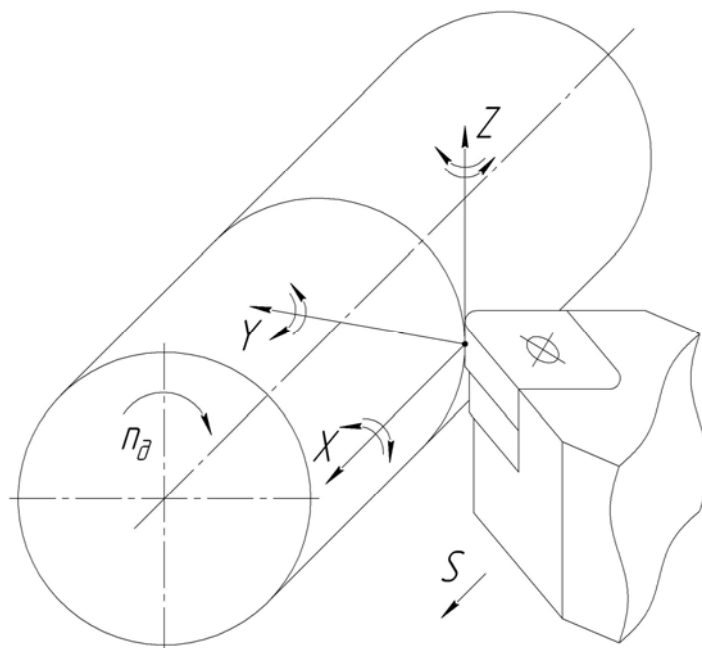
*Ключевые слова:* моделирование, обработка выглаживанием, область контакта, САПР.

Моделирование контактного взаимодействия инструмента с деталью было выполнено для метода выглаживания с применением в качестве выглаживателя токарной пластины стандартной геометрии SNMG. Возможность использования режущего инструмента для отделочно-упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД) обусловлено изменением способа установки многогранной неперетачиваемой пластины (МНП). Суть данного метода заключается в том, что токарный резец поворачивают вокруг одной, двух или трех осей на некоторые углы таким образом, чтобы вывести из контакта с деталью режущую кромку МНП и ввести в контакт цилиндрическую поверхность, образованную пересечением главной и вспомогательной задних поверхностей, скругленную некоторым радиусом. Схематично это показано на рисунке 1.

Детальное описание метода обработки выглаживанием с применением МНП стандартного типоразмера приведено в публикациях, указанных в списке литературных источников к данной статье.

Способ моделирования контактного взаимодействия инструмента и детали, о котором идет речь в данной статье, может применяться для исследования различных методов ППД, а не только метода выглаживания с применением МНП.

Моделирование контактного взаимодействия инструмента с деталью в процессе выглаживания позволяет получать данные о площади контактной области, ее конфигурации и размерах, которые можно использовать как при проведении теоретических и экспериментальных исследований, так и при проектировании технологического процесса обработки де-



**Рисунок 1 – Схема обработки выглаживанием с применением МНП**

В процессах обработки выглаживанием площадь контакта инструмента и детали, а также ее геометрия (конфигурация) оказывают значительное влияние на параметры качества обработанной поверхности. Это влияние выражается в значительной зависимости контактного давления, интенсивности деформации, контактной температуры, силы выглаживания, силы трения и производительности процесса от площади и геометрии области контакта инструмента с деталью. Следовательно, площадь области контакта и ее конфигурацию (длину и ширину) можно использовать для расчета таких параметров процесса обработки выглаживанием, как сила выглаживания, контактное давление, коэффициент трения. Они, в свою очередь, позволяют прогнозировать качество обработанных поверхностей.

Из проведенных ранее исследований известно несколько методик теоретического определения площади и конфигурации области контакта инструмента и детали при обработке выглаживанием, но все они содержат определенные упрощения геометрической формы контактной области.

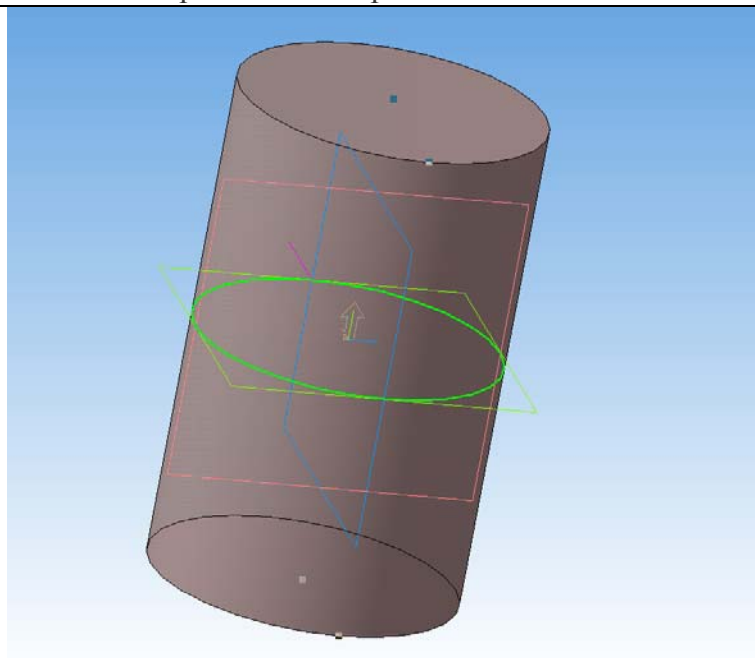
Моделирование контактного взаимодействия цилиндрической детали и инструмента (токарной пластины стандартной геометрии) в программной среде твердотельного моделирования Компас 3Д позволяет:

- а) максимально точно определять площадь и геометрическую форму области контакта в статике;
- б) исключить необходимость трудоемкого экспериментального определения геометрических параметров области контакта, имеющего неизбежные погрешности.

#### **Методика моделирования контакта инструмента с деталью в программной среде Компас 3Д**

После запуска программы Компас 3Д нужно выбрать создание детали в среде 3-х мерного твердотельного моделирования. Сначала необходимо создать эскиз заготовки – цилиндра нужного диаметра. Далее при помощи операции «выдавливание» создается модель заготовки (рисунок 2).

Затем необходимо создать плоскость, которой будет принадлежать эскиз инструмента. Для этого нужно выбрать любую плоскость, отличную от той, где создан эскиз заготовки, и создать в этой плоскости эскиз в виде прямой – это будет ось вращения модели инструмента.

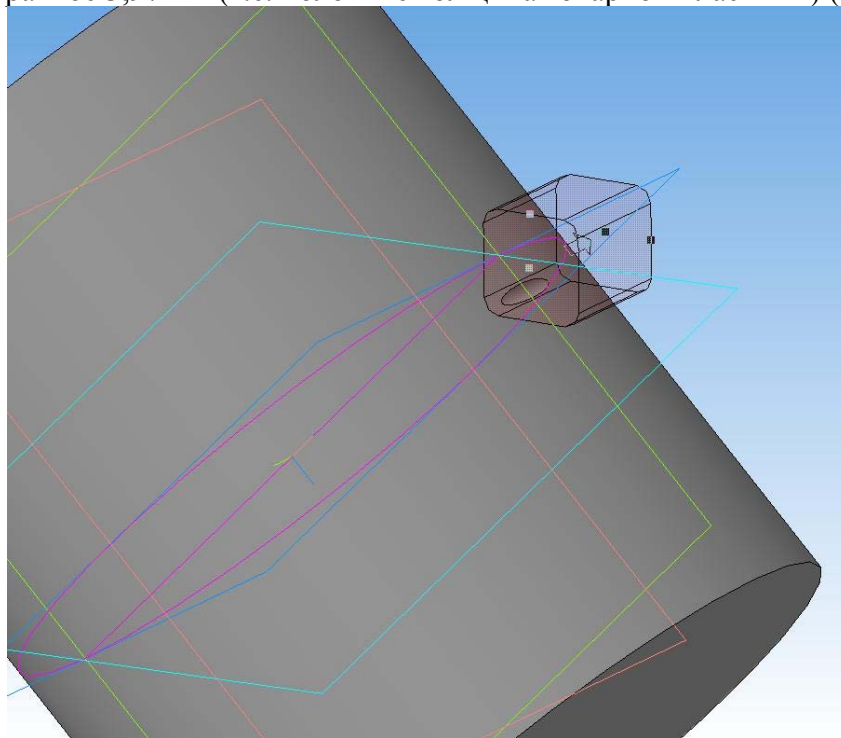


**Рисунок 2 – Создание модели заготовки**

Далее необходимо выбрать операцию «создать плоскость под углом к другой плоскости», и создать плоскость для эскиза инструмента, задавая произвольный угол – угол, под которым находится новая плоскость по отношению к базовой, и который можно легко изменить в режиме редактирования.

Затем, в новой плоскости нужно создать эскиз инструмента, в данном случае токарной пластины геометрии SNMG с длиной режущей кромки 12,7 мм, толщиной 7,94 мм, радиусом при вершине 1,2 мм.

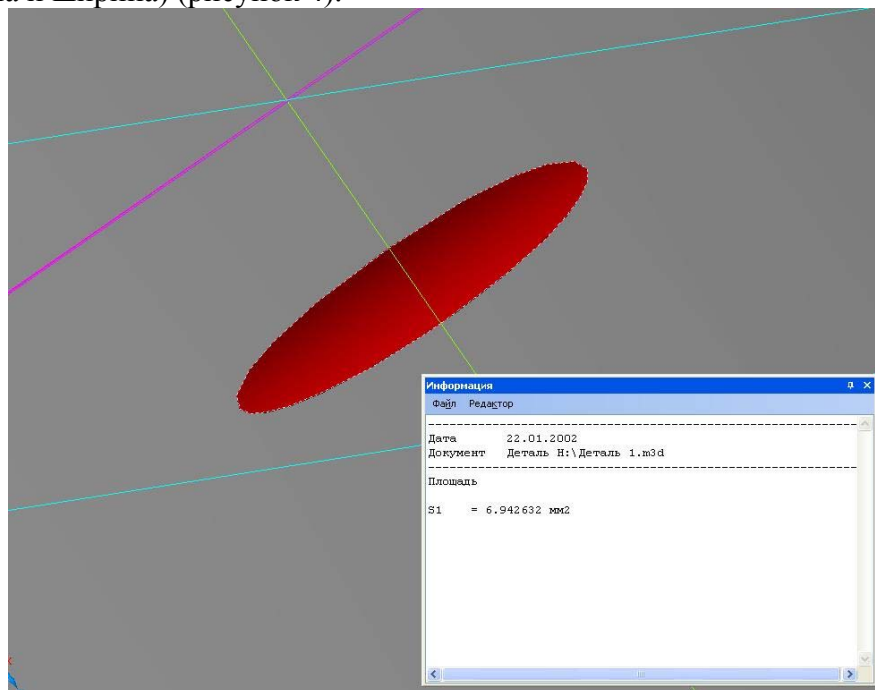
Далее следует выбрать операцию «вырезать выдавливанием», в строке состояния в низу окна программы ввести направления выдавливания – в две стороны, расстояние 1, равное расстоянию 2 и равное 3,97 мм (т.е. половине толщина токарной пластины) (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Создание модели инструмента**

Теперь мы имеем модель заготовки и модель инструмента. Для того, чтобы смоделировать их контактное взаимодействие в статике, нужно выбрать эскиз инструмента в панели Дерева построения слева в окне программы и войти в режим редактирования эскиза. В режиме редактирования выделить весь эскиз МНП и с помощью операции «Переместить» внедрить эскиз инструмента в модель детали на нужную величину (натяг, мкм.). После выхода из режима редактирования эскиза с поверхности модели детали будет удален тот объем, который занимает модель инструмента при заданной величине натяга. Таким образом, мы получим область контакта детали с МНП.

С помощью команды «Измерить» находится точная площадь области контакта и ее размеры (длина и ширина) (рисунок 4).



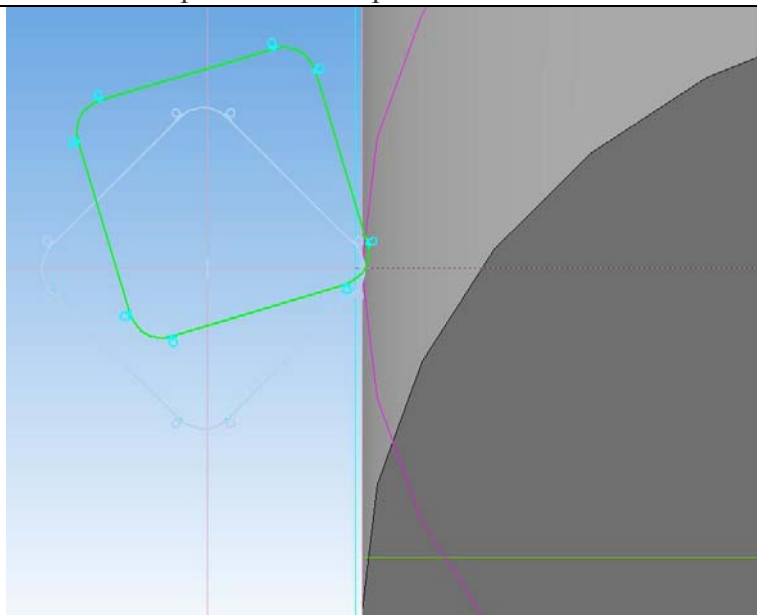
**Рисунок 4 – Измерение площади области контакта**

С помощью построенных моделей можно моделировать контактные взаимодействия при изменении положения МНП, а именно:

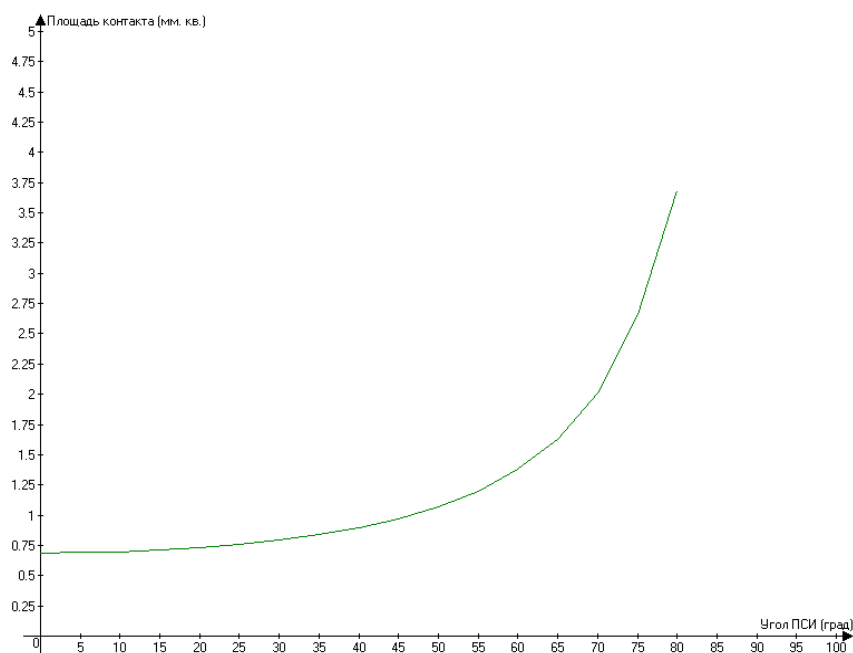
1. при повороте пластины на угол (для определенности назовем этот угол – угол  $\phi$ ) вокруг горизонтальной оси Y, перпендикулярной направлению подачи с помощью изменения угла, под которым находится плоскость эскиза МНП;
2. при повороте МНП на угол  $\psi$  вокруг вертикальной оси Z путем поворота на этот угол эскиза инструмента в режиме редактирования (рисунок 5).

Данный способ позволяет моделировать контактное взаимодействие детали и инструмента любых форм и размеров. Предложенная методика моделирования может быть осуществлена не только в программной среде твердотельного моделирования Компас 3Д, но и в более сложных инженерных САПР-программах Solid Works и Solid Edge. Кроме того, определенные данным методом показатели величины площади и конфигурации контактной области хорошо соотносятся с показателями, определенными опытным путем методами пластического моделирования и непосредственного внедрения МНП в заготовку с последующим изучением получившейся контактной площадки посредством микроскопа.

На основе массива данных, полученных при моделировании в среде Компас 3Д, построены аналитические графики зависимости площади области контакта от угла поворота МНП вокруг вертикальной оси Z (рисунок 6), зависимости площади контакта от угла поворота МНП вокруг горизонтальной оси Y (рисунок 7), а также график зависимости площади контактной области от заданного натяга (рисунок 8).



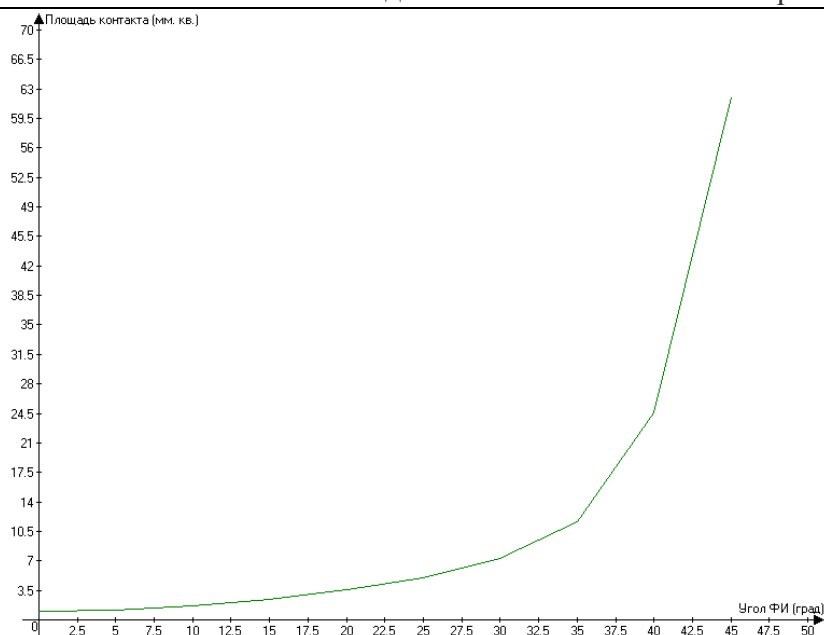
**Рисунок 5 – Изменение угла установки инструмента**



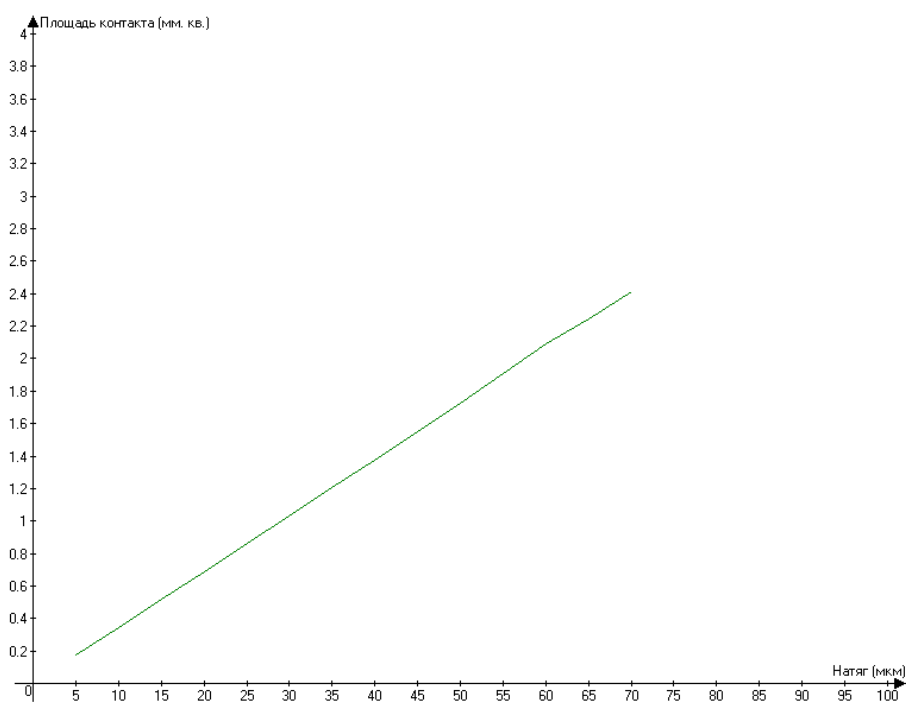
**Рисунок 6 – График зависимости площади контакта от угла поворота МНП вокруг вертикальной оси Z**

### Заключение

Полученные описанным в данной статье методом твердотельного моделирования данные позволяют достигать более точных результатов математического моделирования зависимости параметров качества обработанной поверхности от площади и конфигурации области контакта. Так как геометрия контактной области оказывает существенное влияние на такие ключевые параметры процесса ППД, как: сила взаимного воздействия инструмента и обрабатываемой детали; контактное давление; сила трения и температура в зоне контакта, которые, в свою очередь, определяют качество обработанной поверхности детали. Поэтому данную методику моделирования контактного взаимодействия инструмента и детали можно применять при проектировании схем и исследовании методов обработки деталей ППД для прогнозирования параметров качества обработанной поверхности, а также для расчета теплофизических и силовых факторов процессов обработки ППД.



**Рисунок 7 – График зависимости площади контакта от угла поворота МНП вокруг горизонтальной оси Y**



**Рисунок 8 – Зависимость площади контакта от заданного натяга**

### Литература

1. Кузнецов А.М., Перекатов Ю.А., Кузнецов В.А. Основы системного анализа и структурного синтеза методов изготовления деталей / Кузнецов А.М., Перекатов Ю.А., Кузнецов В.А.//Комплект: инструмент, технология, оборудование. 2007, № 10.- с. 78 – 84
2. Кузнецов В.А., Шестакин П.В., Смирнов А.В., Сазонов Д.А. Выглаживание деталей многогранными неперетачиваемыми пластинами. /Автомобильная промышленность 2010, №10 – с. 24-26
3. Кузнецов В.А., Шестакин П.В. Повышение эффективности выглаживания и комбинированной обработки за счет изменения способа установки инструмента.//Известия МГТУ «МАМИ». Научный рецензируемый журнал. 2007, № 2. – с. 174 – 177