

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ АВТОКОЛЕБАНИЙ ПРИ ТОЧЕНИИ МЕТАЛЛОВ**  
Белов Е.Б.– магистрант гр.МТАП-41, Рябцева О.П. – магистрант гр.МТАП-31,  
Леонов С.Л. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время установлено, что при резании металлов наблюдаются два вида колебаний: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил. Причины появления вынужденных колебаний наиболее ясны и потому сравнительно легко устранимы. Появление автоколебаний не связано с какой-либо внешней периодической силой, они являются самовозбуждающимися колебаниями. В связи с этим необходимо уделить большое внимание изучению и умению управлять автоколебаниями, умению прогнозировать их появление еще на этапе проектирования технологических процессов механической обработки деталей. Умение управлять автоколебаниями в процессе обработки резанием является актуальной задачей при обеспечении заданной точности и производительности, а также при создании экономически оправданных технологических процессов обработки деталей.

На данный момент отсутствуют надежные и достаточно простые методы расчета процесса резания на устойчивость, и соответственно нет научно обоснованных методов борьбы с автоколебаниями.

Основным источником возникновения автоколебаний является переменная сила резания, которая возникает от нелинейности деформации поверхностного слоя обрабатываемого материала или от образования нароста на передней поверхности инструмента и периодический его срыв, вследствие чего изменение геометрии инструмента в кинематической системе.

Из выше сказанного прослеживается появление переменной силы резания от изменения фактической скорости резания в процессе обработки. Действительно проведенные опыты Зоревым Н.Н. показывают ярко выраженную зависимость силы резания, в частности главной (касательной) составляющей силы резания  $P_z$ , от скорости резания  $v$  (Рис.1).

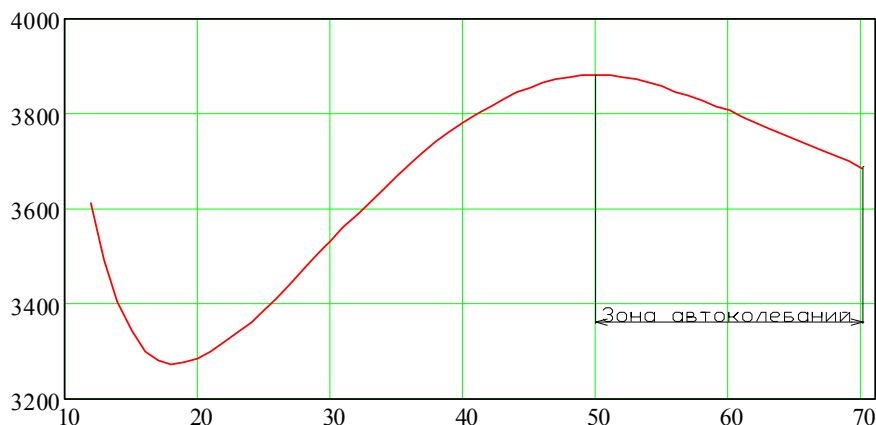


Рис.1 Изменение составляющей силы резания  $P_z$  в зависимости от скорости резания  $v$ , при обработке стали 40,  $t=4$ мм,  $S=0.49$  мм/об

Рассмотрим эффект возбуждения автоколебаний за счет падающей характеристики силы резания. Примем, что система имеет одну степень свободы, т.е. рассматриваются колебания только одного элемента - токарного резца. Тогда уравнение движения представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка:

$$mz'' + Gz' + Cz = P(v - z') \quad (1)$$

где:  $m$  – приведенная масса резца (имеется ввиду масса «вылета» резца);  $G$  – демпфирование;  $C$  – жесткость;  $P$  – сила резания;  $v$  – задаваемая скорость резания;  $z'$  – относительная

скорость резания;  $z$  – перемещение вершины резца;  $P(v-z')$  – функция, характеризующая изменение силы резания от фактической скорости резания.

Данное уравнение позволяет описать устойчивость системы на восходящих и падающих участках зависимости  $P(v)$  (рис.1). В частности при решении уравнения (1) можно сделать вывод, что система может терять устойчивость на падающем участке, т.е. появляются автоколебания.

Ранее проведенными исследованиями была получена формула для тангенциальной силы резания (2). Аппроксимировав экспериментальные данные Зорева Н.Н. методом наименьших квадратов (МНК), были получены аналитические выражения для расчета составляющей силы резания  $Pz$  в зависимости от скорости резания:

$$Pz = \left( \frac{a \cdot V_1 + b_2}{V^2 + f \cdot V + g} + \frac{c}{V} + d \right) \quad (2)$$

Зависимость (2) была получена при помощи следующих этапов:

- Определение вида зависимости
- Нахождение коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  в среде Excel. Для этого, используя экспериментальные данные Зорева Н.Н., а точнее зависимость силы резания  $Pz$  от скорости резания  $V$ , решаем систему уравнений. При этом коэффициенты  $f$  и  $g$  условно примем равными единице.
- По формуле (2) рассчитываем значение  $Pz$ , сравниваем с табличным и считаем сумму квадратов невязок.
- Используя функцию «поиск решения» подбираем коэффициенты  $f$  и  $g$ . Таким образом все коэффициенты зависящие от подачи  $S$  найдены.
- Вводим поправочные коэффициенты  $K_i$  на передние углы  $\gamma$
- Вводим поправочные коэффициенты  $K_t$  на глубину резания  $t$  и на главный угол в плане  $\phi$  коэффициент  $K_0$

Погрешность аппроксимации полученной зависимости для различных подач  $S$  не превышает 5%.

Колебания вертикальной составляющей силы резания  $Pz$  влияют главным образом на износ резца, выкрашивание режущих кромок, наростообразование и ряд других процессов. На качество обработанной поверхности, в частности на волнистость, значительно влияют колебания радиальной составляющей силы резания  $P_y$ .

Аналогичным методом, аппроксимировав данные Зорева Н.Н. методом наименьших квадратов, получим аналитическое выражение для радиальной проекции силы резания  $P_y$  (3).

$$P_y = K_t \cdot K_0 \cdot \left( \frac{a \cdot V_1 + b_2}{V^2 + f \cdot V + g} + \frac{c}{V} + d \right) \quad (3)$$

Решение уравнения (3), нахождение его коэффициентов, можно проводить в среде Microsoft Excel.

В настоящее время развитие современной вычислительной техники и программного обеспечения к ней позволяет создавать совершенные математические модели различных процессов, в том числе и математические модели для прогнозирования (изучения) автоколебаний при резании металлов. Математическое моделирование позволяет описывать физические явления математическими методами. Это дает возможность более детально изучить происходящие явления при резании металлов за счет:

- получения большего количества информации (истинные значения скорости резания, силы резания, перемещения вершины резца, а также амплитуду колебаний этих величин);
- сокращения сроков и затрат на экспериментальные исследования и возможности ставить систему в «экстремальные» (опасные, приводящие к поломке в реальных условиях) условия.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗЬБОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Беломытцев А.Н. – магистрант гр.МТАП-31, Хоменко В.А. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В машиностроении при исследовании и проектировании часто используются математическое моделирование. Его главными преимуществами являются низкая стоимость и высокая скорость расчёта различных вариантов модели без необходимости изготовления реальных образцов. Эти преимущества становятся актуальными при исследовании процессов резбонарезания, которые широко используются в машиностроении. Так как их экспериментальные исследования требуют наличие специального станочного парка и измерительного оборудования.

На практике при изготовлении резьбовых поверхностей в основном используются методы: механической обработки и пластического деформирования. Резбонарезные гребенчатые фрезы производительней, чем другой инструмент этих методов. Это достигается за счёт широкого фронта работы фрезы, высокой производительностью обработки (за 1¼ оборота заготовки), одновременным нарезанием полного профиля резьбы и отсутствием обратных ходов при высокой скорости резания.

В работах [1,2,3] авторов при рассмотрении процесса резбофрезерования резьбовыми гребенчатыми фрезами отмечается, что наличие винтовой стружечной канавки и затылования приводит к необходимости корректирования профиля зуба резбообразующей части, для обеспечения соответствия нарезанной резьбы принятой степени точности. Кроме того, несовпадение профилирующей – плоскости (проходящей через ось резьбы, в которой передаётся резьбовой профиль от инструмента к детали) и осевой плоскости (проходящей через оси резьбы и инструмента) также приводит к необходимости корректирования профиля зуба резбообразующей части.

Поэтому при проектировании и расчёте резьбовых гребенчатых фрез следует уделять наибольшее внимание резбообразующей части, которая является ответственным элементом инструмента, определяющим параметры получаемой резьбы на детали. Разработка математической модели и построение на её основе 3D модели профиля резьбы инструмента позволит снизить трудоёмкость его изготовления и повысит качество изготавливаемой резьбы.

На рисунке 1 иллюстрируется процесс формирования профиля нарезаемой резьбы зубом резбообразующей части инструмента. Из рисунка видно, что впадина нарезаемой внутренней резьбы (поз.1) формируется при последовательном (поз.2) перемещении инструмента (поз.3) вдоль пространственной траектории движения (поз.4).

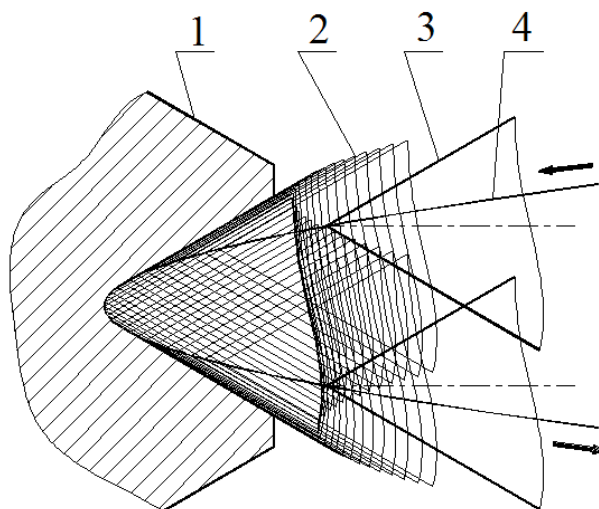


Рисунок 1- Процесс формирования профиля нарезаемой резьбы зубом резбообразующей части инструмента

Рисунке 1 позволяет сделать вывод о том, что впадина нарезаемой резьбы формируется совокупностью последовательных резов зуба инструмента, но при этом окончательно стороны профиля резьбы формируются только двумя резами (соответственно левой и правой сторон профиля резьбы), соответствующими крайним формообразующим положениям зуба инструмента.

С целью проверки описанной пространственной траектории движения вершины зуба резьбообразующей части инструмента при фрезеровании резьбы в КОМПАС-3D V9 разработана модель резьбофрезерования, внешний вид которой представлен на рисунке 2.

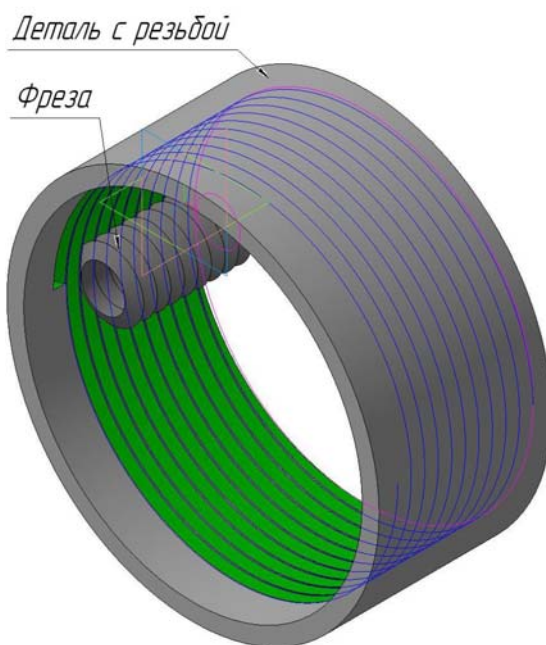


Рисунок 2 - Внешний вид модели резьбофрезерования

На рисунке 3 представлена проекция траектории движения вершины зуба инструмента, построенная по модели.

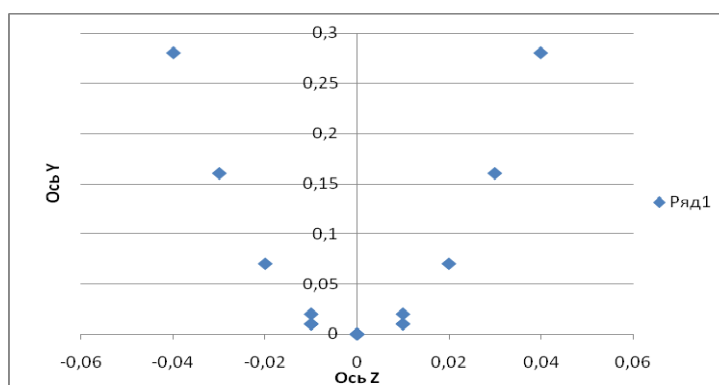


Рисунок 3 - Проекция траектории движения вершины зуба инструмента

Таким образом, зная траекторию движения вершины зуба резьбообразующей части инструмента, выведем значение величины геометрической погрешности профиля резьбы при резьбофрезеровании  $\Delta\rho_{max}$  используя расчетную схему, представленную на рисунке 4.

Из  $\triangle AOB$ :  $i_k A = \Delta \rho_{max}$ , где  $\Delta \rho_{max}$  - максимальное значение величины геометрической погрешности профиля резьбы при резбифрезеровании;

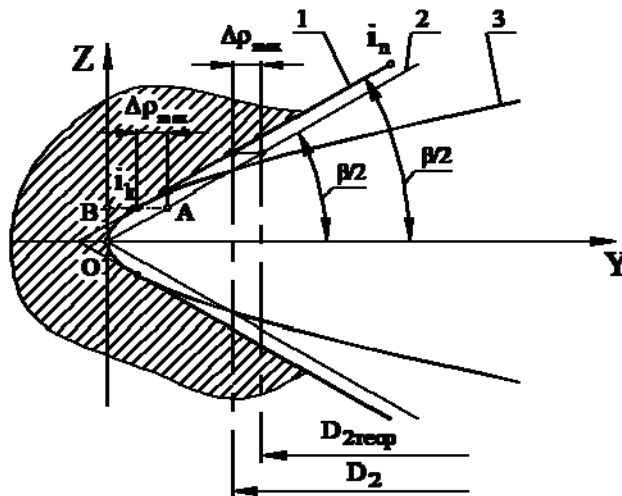


Рисунок 4 - Схема расчета геометрической погрешности профиля резьбы при резбифрезеровании

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{OB}{AB} = \frac{z_{ik}}{y_{ik} + \Delta \rho_{max}} \Rightarrow \Delta \rho_{max} = z_{ik} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} - y_{ik} \quad (1)$$

Для расчета величины  $\Delta \rho_{max}$  необходимо определить координаты точки касания  $i_k(y_{ik}, z_{ik})$  при выбранных геометрических и конструктивных параметрах нарезаемой резьбы и резбифрезерующей части инструмента.

Подставив рассчитанные значения  $y_{ik}, z_{ik}$ , а также значение угла  $\beta/2$  в (1) получим максимальное значение величины геометрической погрешности профиля резьбы при резбифрезеровании  $\Delta \rho_{max}$ .

В итоге получим:

$$\Delta \rho_{max} = z_{ki} \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} - y_{ki} = \frac{P \eta_k}{2 \pi \operatorname{tg}(\beta/2)} - \frac{D}{2} + e \cos \eta_k + \sqrt{(d/2)^2 - e^2 \sin^2 \eta_k} \quad (2)$$

Построив модель резбифрезерования получена величина погрешности. Зная данную величину можно повысить точность фрезерования резьбовыми фрезами. Таким образом резьбовые фрезы с скорректированным профилем резьбы можно применять для изготовления точных резьбовых поверхностей с полями допуска 4h для валов и 4H/5H для отверстий, а также шероховатостью в пределах  $Ra=0,5-2,5$  мкм.

#### Список используемой литературы

1. Мальков О.В., Литвиненко А.В. Выбор наружного диаметра резьбовой части сверлорезбифрезы // Вестник МГТУ. Машиностроение.-1997.- №3.- С. 78-84.
2. Литвиненко А.В., Мальков О.В. Общий случай профилирования зубьев резьбовой части сверлорезбифрезы // Вестник МГТУ. Машиностроение.- 1997.- №2.- С. 77-84.
3. Левицкий М.Я. Резбифрезерование.- Киев: Машгиз. Украинское отд-ние, 1950.- 192с.

## ОСОБЕННОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Бобров А.В. - студент, Маркова М.И. - к.т.н., доцент, Марков А.М. - д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время стеклопластик, являясь одним из перспективных материалов, характеризующийся высокой прочностью, низкой теплопроводностью и высокой коррозионной стойкостью, широко применяется для изготовления ответственных изделий, к которым предъявляются требования высокой прочности и размерной точности.

Механическая обработка стеклопластика имеет ряд особенностей по сравнению с обработкой металлов и сплавов. Низкая теплопроводность стеклопластика (в несколько сотен раз меньше, чем у металлов) существенно влияет на соотношение составляющих общего теплового баланса, лишь 10-15% теплоты, образующейся при резании, поглощается изделием и уносится стружкой. Основная часть теплоты воспринимается инструментом и способствует интенсивному износу последнего.

Стеклопластик обладает высокими упругими свойствами. Кроме того происходит упругое восстановление слоя обрабатываемого материала, лежащего над поверхностью резания. Это приводит к увеличенным площадкам контакта, и, как следствие, к повышенным значениям силы резания на задней поверхности, которая в 10—20 раз ниже, чем при аналогичной обработке металлов. Учитывая высокие упругие характеристики, это приводит к тому, что точность их обработки в меньшей мере определяется упругими деформациями системы станок — приспособление — инструмент. Существенной особенностью стеклопластика является их низкая теплостойкость. В зависимости от типа связующего теплостойкость этих материалов составляет 160—300°С. При температурах, выше указанных, происходит выгорание связующего, на поверхности обработанной детали появляются прижоги. Поэтому уровень температур в зоне резания должен быть значительно меньше, чем при обработке металлов.

В качестве наполнителя используются стеклянные волокна, обладающие высокой твердостью и абразивной способностью. Наличие в зоне резания твердых составляющих приводит к значительному абразивному износу инструмента.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что основным требованием, которому должен отвечать материал режущей части инструмента, предназначенного для обработки стеклопластиков, является высокая способность противостоять абразивному износу. В связи с этим наиболее подходящим материалом являются твердые сплавы группы ВК с наименьшим содержанием кобальта (ВК3, ВК3М).

Все эти сплавы обладают повышенной хрупкостью и весьма чувствительны к ударам и вибрациям, что порождает определенные трудности при заточке и эксплуатации инструмента. Поэтому сплавы марок ВК2 и ВК3 следует использовать лишь в тех случаях обработки стеклопластиков, когда требуется высокая точность, связанная с размерным износом инструмента, например при развертывании, фрезеровании точных пазов и т. п. Во всех других случаях целесообразно использовать твердые сплавы марок ВК6 и ВК8, так как их применение не предъявляет чрезмерно жестких требований к характеристикам системы станок — инструмент — деталь и не вызывает дополнительных трудностей при заточке и доводке инструмента.

Результаты ранее проведенных исследований показывают, что значительное влияние на стойкость инструмента оказывает скорость резания, в отличие от подачи. При конструировании специальных станков и инструментов для обработки пластмасс необходимо иметь данные о величине сил резания, возникающих при обработке этих материалов. Без этого невозможно определить требуемую мощность двигателя для проектируемых станков, рассчитать элементы крепления зуба инструмента и т.п.

Анализируя результаты проведенных динамических исследований, можно сделать следующие выводы: уровень сил резания является одним из критериев, характеризующих

обрабатываемость материала. Уровень сил резания при механической обработке стеклопластиков примерно в 2 раза ниже, чем для сплавов, мягких цветных металлов и в 15—20 раз ниже уровня резания при механической обработке сталей.

Несмотря на это влияние параметров процесса на составляющие усилия резания при механической обработке пластмасс изучать необходимо, так как инструмент для этих материалов должен проектироваться, исходя из условия обеспечения снижения сил резания. Так, например, геометрия сверла должна способствовать снижению осевой силы резания, которая, достигая определенной величины, всегда вызывает расслоение обрабатываемого материала. Величина силы резания и износ инструмента ею определяется геометрическими параметрами.

Так как увеличение заднего угла снижает работу трения, а следовательно, и износ по задней грани, то можно предполагать, что максимальная стойкость будет обеспечиваться при заточке больших задних углов. Кроме того, увеличение заднего угла дает возможность уменьшить радиус скругления режущей кромки, что при высокой упругости и сравнительно малой упругости и сравнительно малой твердости стеклопластиков способствует лучшему врезанию инструмента в обрабатываемый материал. Диапазон величин задних углов лежал в пределах  $5-40^{\circ}$ , так как падение стойкости наблюдается при  $\alpha > 35^{\circ}$ . Оптимальный задний угол для сверл из быстрорежущей стали при обработке стеклопластика лежит в пределах  $30-32^{\circ}$ . Дальнейшее увеличение заднего угла несколько снижает стойкость.

Основным ограничением при увеличении переднего угла  $\gamma$  является слишком сильное ослабление теплоотводящей способности режущего клина и чрезмерная локализация упругих напряжений в зоне резания. Как известно, одно из назначений переднего угла  $\gamma$  - уменьшение пластического деформирования. Значительное упругое восстановление стеклопластиков и их относительная мягкость ( $HB \leq 45$ ) вызывает «обжатие» режущего клина инструмента обрабатываемым материалом. Поэтому целесообразно увеличивать как задний, так и передний угол с целью уменьшения контактирующих поверхностей инструмента с материалом изделия.

Совершенно очевидно, что уменьшение площади контакта по соприкасающимся поверхностям при малой скругленности вершины режущего клина будет способствовать снижению сил трения, а, следовательно, и температуры в зоне резания.

Вследствие малой теплопроводности, низкой температуры размягчения и высоких значений упругого восстановления пластмасс поверхности отверстий имеют тенденцию к усадке в процессе сверления, увеличивающей трение между сверлом и стенкой отверстия. Трещины вокруг кромок отверстий увеличиваются с возрастанием угла  $\omega$ , так как при этом увеличивается и передний угол сверла. Оплавление внутренней поверхности отверстия наиболее интенсивно при использовании сверла с малым углом наклона винтовой канавки, потому что такая конструкция сверла мешает удалению стружки из отверстия. Размеры трещин изменяются в зависимости от подачи и угла при вершине сверла. С увеличением угла при вершине трещины становятся больше, так как увеличивается толщина стружки. При обработке пластмасс сверлами специальной конструкции количество трещин сводится к минимуму. Сверло с двойной заточкой имеет двухступенчатый угол при вершине (двойную заточку). Толщина стружки, срезаемой второй режущей кромкой сверла этого типа (образованной дополнительной заточкой), уменьшается и благодаря этому трещины вокруг кромок отверстия не образуются. Сверло другого типа, с подточкой режущих кромок, уменьшает трещинообразование, за счет уменьшения переднего угла.

Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что геометрические и конструктивные параметры инструмента, рекомендуемые для обработки стеклопластиков, варьируются в довольно широких пределах, а оптимальная конструкция инструмента определяется физико-механическими свойствами обрабатываемого материала, требуемыми параметрами качества, а также исходя из технико-экономических показателей.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВТУЛКА-КОРПУС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДОРНОВАНИЯ

Витвинов М.К. – магистрант гр. МТАП – 41, Хоменко В.А. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Основным методом изготовления деталей в настоящее время является резание металлов. Однако, несмотря на большие успехи, достигнутые в области обработки деталей резанием, коэффициент использования металла остается низким – менее 50%. Кроме того, за счет перерезания волокон металла в процессе резания снижаются эксплуатационные свойства изделий. Применение методов пластической деформации деталей с полной или частичной заменой процессов резания позволяет в значительной степени устранить отмеченные недостатки.

К числу таких методов относится, процесс дорнования. Широкое применение дорнование находит при формировании прессовых соединений типа «втулка-корпус». Данные соединения по своим параметрам и характеристикам имеют принадлежность к группе неподвижных соединений машин и механизмов, и в основном применяются в подшипниках скольжения. Прессовые соединения типа «втулка-корпус» характеризуются простотой конструкции и сборки, для их изготовления не требуется применять сложное и дорогостоящее оборудование, а так же вложения больших финансовых затрат. На производствах для установки в корпусах узлов применяют цельные толстостенные, тонкостенные и свертные втулки, изготовленные из антифрикционных материалов.

Тенденции развития отечественного машиностроительного производства, на сегодняшний день в условиях жесткой конкуренции и экономической нестабильности требуют минимизации финансовых затрат при одновременном повышении качества выпускаемой продукции. Именно в этих условиях широкое применения нашли тонкостенные свертные втулки. Обусловлено это тем, что применение данного типа втулок в прессовых соединениях диаметром до 50 мм снижает как затраты на материал, из которого изготавливают данные втулки так и трудоёмкость изготовления, так как их получают из лент антифрикционных металлов. В сравнение, цельные толстостенные и тонкостенные втулки получают с помощью механической обработки или специальных видов литья, затем используют последующую механическую обработку, что связано со значительным снижением коэффициента использования металла и увеличением трудоемкости их изготовления.

Анализ эксплуатации прессовых соединений и узлов подшипников скольжения с тонкостенными свертными втулками, показал, что основными причинами выхода их из строя является взаимное осевое смещение и поворот сопрягаемых деталей относительно друг друга из-за низкого качества соединения. В связи с выявленными недостатками встает вопрос о повышении качества установки и закреплении тонкостенных свертных втулок в корпусах.

Анализ различных способов повышения качества прессовых соединений типа «тонкостенная свертная втулка – корпус», показывает что способ увеличения контактных давлений на сопрягаемые поверхности путем упругопластического деформирования отверстий тонкостенных свертных втулок, установленных в корпусах различных узлов, методом упрочняюще-калибрующей обработки – дорнованием, является высокоэффективным и недостаточно изученным процессом. Следовательно, задачи по проектированию и совершенствованию инструмента, а также изучение физических и технологических закономерностей и параметров процесса упругопластического деформирования отверстий тонкостенных свертных втулок, в прессовых соединениях, с использованием метода дорнования, являются актуальными.

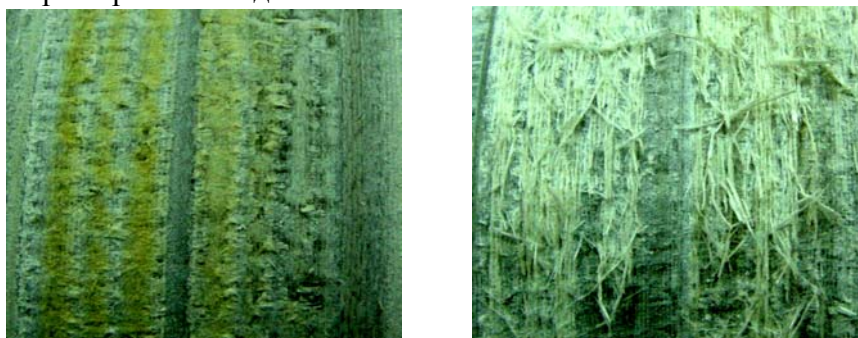


## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Доц М.В., к.т.н.

Алтайский государственный технический университет, (г. Барнаул)

В современном машиностроении пластмассы конструкционного назначения успешно заменяют черные и цветные металлы и их сплавы в конструкциях машин благодаря разнообразию своих физико-механических свойств. Обработка резанием стеклопластика обладает рядом особенностей, отличающих ее от аналогичной обработки металлов. Это объясняется характерными свойствами и структурой обрабатываемого материала, а также контактными процессами, протекающими в зоне резания при механической обработке. Возникающие при этом дефекты поверхностного слоя детали (рис. 1а, б) не позволяют деталям выполнять свое служебное назначение, снижая прочностные свойства, увеличивая гигроскопичность материала, ухудшая эксплуатационные характеристики изделия.



а)

б)

Рисунок 1 – Поверхностный дефектный слой: а – прижог на поверхности детали; б – отслоения, вырывы наполнителя

Стеклопластики, являясь одной из многочисленных и перспективных групп композиционных материалов, не достаточно изучены с точки зрения их механической обработки, рекомендуемых инструментальных материалов, геометрии режущего инструмента, а также режимов резания обеспечивающих заданные параметры качества обработанной поверхности детали. Кроме того, отсутствие автоматизированных методик проектирования параметров операций механической обработки для деталей из стеклопластика приводит к увеличению периода технологической подготовки производства (ТПП) до 30-40% от общей трудоемкости и становится соизмеримым со сроком нахождения изделия в производстве, а иногда и превышает его. В этих условиях возникает необходимость автоматизации проектных работ на этапах его изготовления для сокращения длительности ТПП.

Решение задачи эффективного управления ТПП для деталей из стеклопластика возможно с помощью алгоритмов на основе применения искусственных нейронных сетей (ИНС). Их основной особенностью является способность обучаться и накапливать полученный «опыт» по имеющейся информации о входных и выходных характеристиках изучаемого процесса резания, в том числе и о параметрах технологической системы, влияющих на формирование получаемой поверхности. Кроме того, нейросетевые модели являются открытыми для получения информации об изучаемом процессе, могут быть дополнены новыми значениями, полученными экспериментальным путем или с помощью математических моделей для новых обрабатываемых и инструментальных материалов.

Таким образом, разработка алгоритма автоматизированного проектирования технологической операции токарной обработки деталей из стеклопластика, на основе нейросетевых моделей процессов формо- и стружкообразования, оптимизирующих выбор режимов резания и конструктивно-геометрических характеристик режущего инструмента для достижения заданных параметров качества обрабатываемых поверхностей, является актуальным вопросом повышения конкурентоспособности производства в современных условиях.

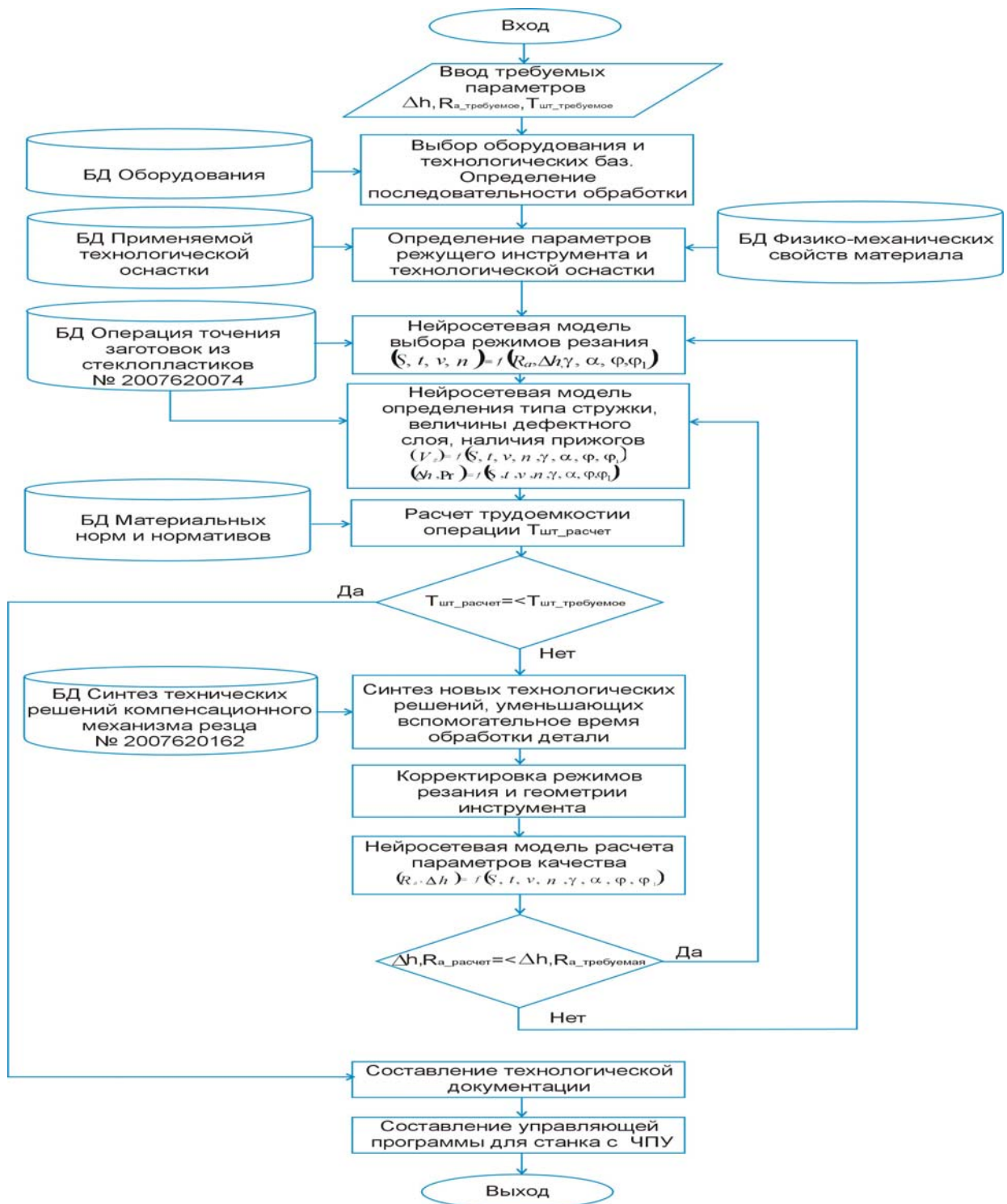


Рисунок 2 – Алгоритм проектирования операции для деталей из стеклопластиков, построенного на основе нейросетевых моделей

Проведенные научно-исследовательские работы, включающие экспериментальные исследования течения стеклопластика КППН из стеклонити VM и эпоксидного связующего ЭДИ или совмещенного эпоксифенолформальдегидного связующего ИФ-ЭД6 по ТУ 16-504-010-71 резами со сменными многогранными пластинами ВК8 позволили проанализировать процессы формирования поверхностного слоя детали и стружкообразования при точении заготовок, а также выявить:

1) взаимосвязь между параметрами качества получаемой поверхности, режимами резания, и конструктивно-геометрическими параметрами режущего инструмента. В результате предложена методика построения нейросетевой модели процесса формирования шероховатости

обрабатываемой детали из стеклопластика;

2) влияние режимов резания и типа сменной многогранной пластины на величину дефектного поверхностного слоя детали из стеклопластика. В результате предложена нейросетевая модель, характеризующая появление прижогов и отслоений наполнителя;

3) влияние на тип образующейся стружки режимов резания и конструктивно-геометрических параметров инструмента. В результате предложена нейросетевая модель процесса стружкообразования при точении стеклопластика сменными многогранными пластинами.

Используя полученные результаты исследования, разработан алгоритм автоматизированного проектирования токарной операции для деталей из стеклопластиков, на основе нейросетевых моделей формо- и стружкообразования (рис. 2), обеспечивающий достижение заданного качества обрабатываемых поверхностей, за счет оптимизации выбора режимных параметров и конструктивно-геометрических характеристик режущего инструмента. Проектирование токарной операции для деталей из стеклопластика с помощью предложенного алгоритма происходит последовательно, в несколько этапов.

В алгоритме показано применение как уже существующих банков данных (каталоги оборудования, применяемой стандартной технологической оснастки, физико-механических свойств материалов, материальных нормативов), так и разработанных в рамках научно-исследовательской работы баз данных «Операция точения заготовок из стеклопластика» (Свидетельство о регистрации базы данных №2007620074) и «Синтез технических решений компенсационного механизма резца» (Свидетельство о регистрации базы данных №20076200162).

Входными данными для определения параметров операции являются заданные по чертежу детали требования к качеству поверхности, а также показатели производительности операции.

После определения технологических баз, последовательности обработки и выбора оборудования выбирается режущий инструмент из каталога применяемой технологической оснастки. Далее, используя нейросетевую модель, производится расчет режимов резания исходя из условия применения при обработке пластины инструментального материала, значении шероховатости Ra мкм, величины дефектного слоя мм, отсутствия прижогов. По имеющимся данным прогнозируется вид стружки, определяющий степень загрязнения производственного помещения мелкодисперсной пылью. Рассчитывается трудоемкость операции. После чего, в блоке сравнения принимается решение о возможном снижении времени обработки, или корректировке режимов резания для обеспечения элементной стружки.

Работа с базой данных «Синтез технических решений компенсационного механизма резца» (Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2007620162.) позволяет синтезировать перспективные технологические решения, направленные на повышение эффективности процесса точения стеклопластика, обеспечивающие достижение требуемых показателей точности обрабатываемой поверхности, уменьшая время на настройку станка.

При изменении конструктивно-геометрических параметров применяемого инструмента, необходимо с помощью нейросетевой модели, описывающей формирование поверхности детали, произвести расчет параметра шероховатости. После чего полученное значение сравнивается с заданным. Возврат цикла обеспечивает прогнозирование типа стружки и расчет трудоемкости. Повторяется в блоке сравнения полученных значений. В случае положительного решения переходит в режим составления технологической документации и составления управляющей программы для ЧПУ станка.

Таким образом, разработанный алгоритм, реализующий с помощью нейросетевых моделей формо- и стружкообразования автоматизированное проектирование токарной операции деталей из стеклопластика, позволяет повысить производительность обработки за счет оптимизации выбора режимов резания для деталей из этого материала, а также применения новых технологических решений, направленных на повышение эффективности точения стеклопластиков.

## ВЫБОР ЗЕРНИСТОСТИ ИНСТРУМЕНТА И РЕЖИМОВ ПРИ ХОНИНГОВАНИИ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Козлов В.В. – магистрант гр.МТАП-31, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Повышение технического уровня двигателей внутреннего сгорания неразрывно связано с необходимостью дальнейшего совершенствования их сборочных единиц и деталей, в том числе поршневых колец (ПК). Моторесурс и надежность работы двигателя, его экономичность по расходу моторного масла и топлива во многом определяются не только конструкцией ПК, но и технологией их изготовления.

Служебным назначением поршневого компрессионного кольца является обеспечение необходимой динамической герметичности рабочего пространства над поршнем при возможно минимальных потерях на трение. Поэтому к качеству изготовления рабочей поверхности кольца, сопрягаемой с цилиндром двигателя предъявляются повышенные требования.

Профиль рабочей поверхности, ее шероховатость, а также равномерная толщина антифрикционного покрытия по периметру кольца обеспечиваются на финишных операциях, в частности хонингованием в алмазосносной гильзе.

Целью данных исследований является разработка рекомендаций по выбору зернистости инструмента и режимов при хонинговании ПК.

ПК обрабатывались по наружному диаметру на хонинговальном станке модели 3832 в специально спроектированном устройстве с алмазосносной гильзой. Технологический процесс обработки колец:

- 1) токарная операция
- 2) хромирование
- 3) хонингование

При обработке результатов экспериментов вычислялась средняя для данной точки кольца радиальная толщина до и после обработки, а по ней определялся средний линейный съем. Результаты замеров заносились в протокол. По результатам обработки были построены кривые распределения значений величины съема металла при следующих условиях: зернистость была представлена двумя видами 80/63 и 40/28, число двойных ходов в минуту менялась с 20 дв. х./мин до 60 дв. х./мин при постоянной окружной скорости  $V_0=78$  об/мин.

В дальнейшем данные измерений были занесены в специально созданную программу в Microsoft Excel, где они анализировались по критерию согласия:  $\chi^2$  Пирсона.[1]  
Последовательность обработки результатов:

- 1) Из массива наблюдений среднего значения  $X_i$  находим  $X_{\min}$  и  $X_{\max}$ .
- 2) Разбиваем интервал от  $X_{\min}$  до  $X_{\max}$  на  $m$  равных участков.
- 3) На каждом участке рассчитываем количество попаданий значения размера на этот участок ( $h_i$ ).

- 4) Рассчитываем эмпирическую функцию распределения

$$F_i = h_i / h * n, \text{ где}$$

$h$ - размер интервала;

$n$ - количество точек

- 5) Находим  $X_{\text{ср}}$  и  $f_x$  и по ним строим теоретическую плотность распределения.

- 6) Рассчитываем  $\chi^2$

Целью первичной обработки экспериментальных наблюдений является выбор закона распределения, наиболее близко описывающего случайную величину (радиальную толщину кольца), и насколько адекватно распределение статистики радиального размера (при справедливой нулевой гипотезе) соответствует нормальному распределению. Это проверяется использованием критерия согласия Пирсона. Проверка гипотезы о согласии опытного распределения с теоретическим позволяет удостовериться в том, что данная

модель теоретического закона не противоречит наблюдаемым данным, и использование ее не приведет к существенным ошибкам при вероятностных расчетах.

Проанализировав полученные графики (сравнения экспериментальных исследований с теоретическими после токарной обработки, хромирования, хонингования в алмазонасной гильзе с разной зернистостью и при различных режимах обработки) удалось убедиться, что при отделочной обработке экспериментальная кривая «накладывается» на кривую нормального распределения. Чем меньше зернистость и больше число двойных ходов, тем критерий согласия Пирсона экспериментального распределения и теоретического распределения удовлетворяет условию  $\chi^2 \sim \chi_{\alpha-1}^2$ . Отсюда следует, что обработка ПК производится по удовлетворяющим нас параметрам. Также из этих графиков видно, что поля рассеивания размеров ( $\sigma$ ) по мере последующей обработки уменьшаются.

В результате были получены диаграммы сравнения съема металла ( $x$ ) и поля рассеивания ( $\sigma$ ) (Рисунок 1, рисунок 2).

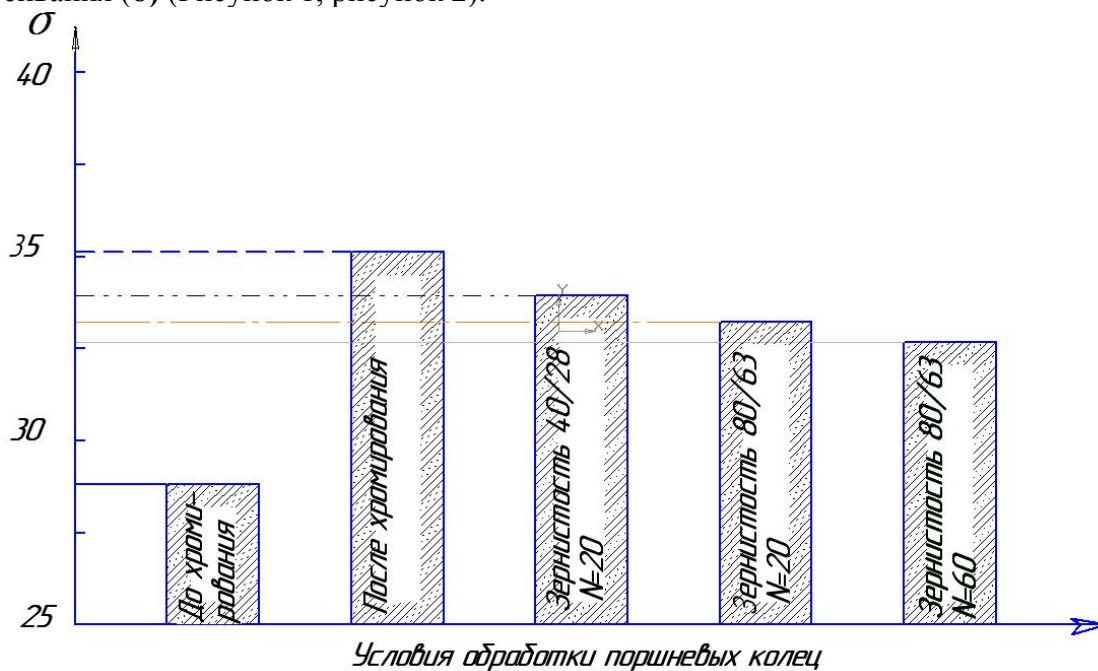


Рисунок 1- диаграмма сравнения параметра  $\sigma$  при различных режимах обработки

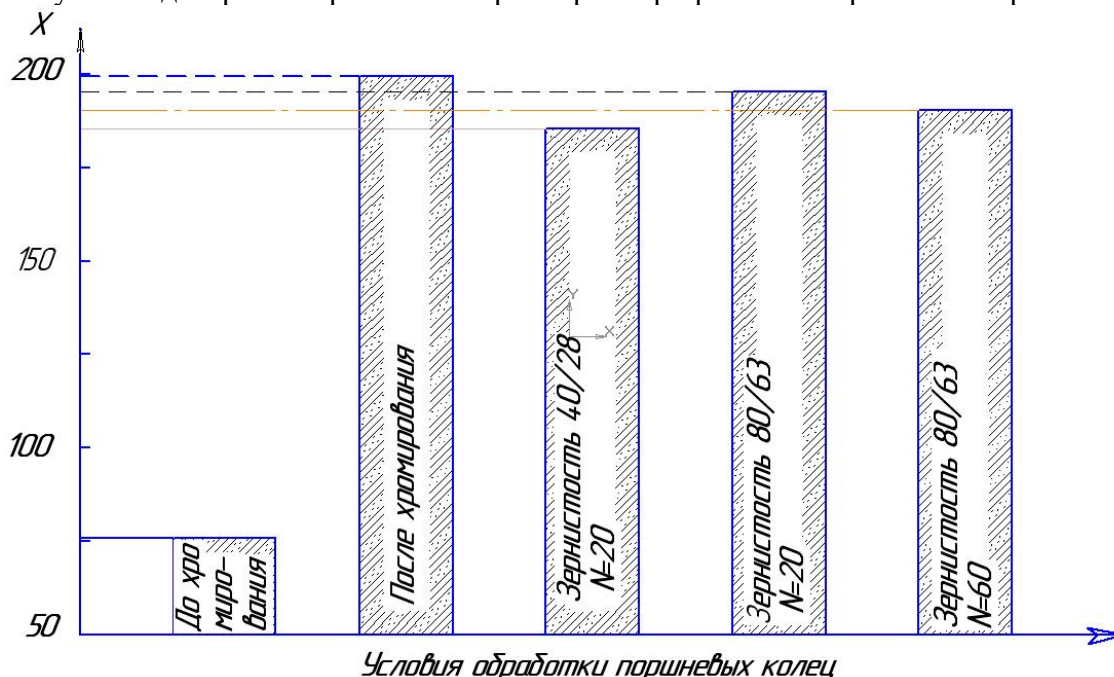


Рисунок 2- диаграмма сравнения параметра X при различных режимах обработки

Выводы:

1. Из диаграммы 1 видно, что параметр  $\sigma$  значительно отличается при сравнении токарной операции и хонингования алмазонасным инструментом. Следует вывод, что при токарной обработке не следует добиваться такого точного результата по размеру кольца, так как после хромирования поле рассеивания размера уменьшается.

2. Обработка полученных экспериментальных зависимостей, позволяет определить степень влияния характеристик алмазонасного инструмента на съём металла при обработке поршневых колец. При обработке пакета колец гильзой с зернистостью 40/28 поле рассеивания размера намного больше чем с зернистостью 80/63.

3. Исследования обработки поршневых колец дали возможность выявить оптимальные режимы по обработке поршневых колец. Целесообразно вести обработку колец с зернистость инструмента 80/63 и числом двойных ходов в минуту  $N=60$  дв.х./мин.

Литература:

1. <http://www.tspu.tula.ru/>

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕССОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА «ТОНКОСТЕННАЯ СВЕРТНАЯ ВТУЛКА-КОРПУС» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА УПРОЧНЯЮЩЕ-КАЛИБРУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДОРНОВАНИЕМ

Витвинов М.К. – магистрант гр. МТАП – 41, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В настоящее время, на современном этапе развития машиностроительного производства, широкое применение получили прессовые соединения типа «втулка-корпус». Данные соединения по своим параметрам и характеристикам имеют принадлежность к группе неподвижных соединений машин и механизмов, и в основном применяются в подшипниках скольжения. Прессовые соединения типа «втулка-корпус» характеризуются простотой конструкции и сборки, для их изготовления не требуется применять сложное и дорогостоящее оборудование, а так же вложения больших финансовых затрат. В машиностроительных производствах для установки в корпусах узлов применяют цельные толстостенные, тонкостенные и свертные втулки, изготовленные из антифрикционных материалов.

На сегодняшний день, исходя из условий сложившихся на рынке товаров машиностроительных заводов, когда требуется уменьшение трудозатрат и себестоимости изготавливаемой продукции, не ухудшая при этом её качества, широкое применение нашли именно тонкостенные свертные втулки. Обусловлено это тем, что применение данного типа втулок в прессовых соединениях диаметром до 50 мм уменьшает затраты на материалы, из которых изготавливаются данные втулки, трудоёмкость их изготовления, так как их получают из лент антифрикционных металлов. В сравнение, цельные толстостенные и тонкостенные втулки получают с помощью механической обработки или специальных видов литья, затем используют последующую механическую обработку, что связано со значительным снижением коэффициента использования металла и увеличение трудоёмкости их изготовления.

Анализ эксплуатации прессовых соединений и узлов подшипников скольжения с тонкостенными свертными втулками, показал, что основными причинами выхода их из строя является взаимное осевое смещение и поворот сопрягаемых деталей относительно друг друга из-за низкого качества соединения. В связи с выявленными недостатками встает вопрос о повышении качества установки и закреплении тонкостенных свертных втулок в корпусах.

В современной промышленности известно много способов обеспечения и повышения качества прессовых соединений типа «втулка-корпус». К основным и наиболее часто применяемым относятся: уменьшение шероховатости сопрягаемых поверхностей, крепление

деталей соединения шпонками или винтами, увеличение натяга запрессовки, упрочняюще-калибрующая обработка отверстия охватываемой детали в прессовом соединении и др.

Проанализировав результаты использования различных способов, которые повышают качество прессовых соединений можно сделать вывод, что способ увеличения контактных давлений на сопрягаемые поверхности путем упругопластического деформирования отверстий толстостенных и тонкостенных цельных втулок, установленных в корпусах различных узлов, методами упрочняюще-калибрующей обработки, например, применяя метод дорнования, является одним из наиболее перспективных способов обеспечивающих и повышающих качество прессовых соединений типа «втулка-корпус».

Вопрос о влиянии метода дорнования на толстостенные и тонкостенные втулки для получения качественного прессового соединения, на сегодняшний день, изучен в значительном объеме, а вот для тонкостенных свертных втулок недостаточно. Следовательно задачи по проектированию и совершенствованию инструмента, а также изучение физических и технологических закономерностей и параметров процесса упругопластического деформирования отверстий тонкостенных свертных втулок, в прессовых соединениях, с использованием метода дорнования, являются актуальными на сегодняшний день.

## ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ФАСОННОГО ПРОФИЛЯ – КУЛАЧКОВ

Курилов Е.Н.- инженер-конструктор «БСЗ».

Для осуществления автоматического цикла возвратно-поступательных рабочих и вспомогательных движений широко применяются кулачковые механизмы с плоскими и цилиндрическими кулачками.

Кинематическая связь кулачка с рабочим органом, движения которого служат исходной базой для построения и координации движений всего автоматического цикла, позволяет функции управления автоматическим циклом осуществлять при помощи одного или чаще нескольких кулачков, вращающихся вместе с валом, на котором они закреплены.

По форме различают кулачки плоские – клиновые, дисковые и цилиндрические; последние делятся на барабанные и торцевые, или колокольные. Цилиндрические кулачки называют иногда осевыми, так как их удобно применять для осуществления перемещений параллельных оси кулачка. Сравнительно редко применяются кулачки, движущиеся поступательно.

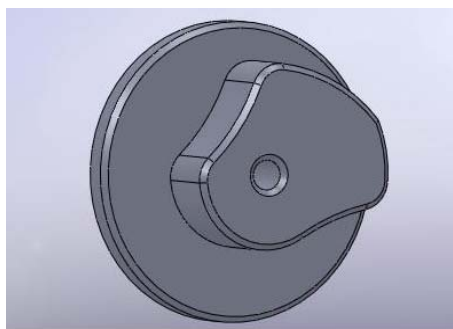


Рис.1.

Деталь фасонного профиля -  
кулачок.

На Рис.1. изображена деталь фасонного профиля – кулачок.

Изготовление дисковых кулачков проще, чем цилиндрических. Поэтому в качестве сменных предпочитают применять дисковые кулачки.

Кулачки могут быть закрытыми, или пазовыми, открытыми или комбинированными. Замыкание кулачка и механизма толкателя производится при применении открытых кулачков пружиной, реже – грузом (силовое замыкание), а при пазовых – дополнительной кривой (кинематическое замыкание); закрытые и комбинированные кулачки образуются иногда с помощью контр-кулачка.

Кулачки и соприкасающиеся с ними детали должны иметь износостойкие рабочие поверхности, а при больших нагрузках надежно сопротивляться смятию на достаточной глубине поверхностного слоя. При малых нагрузках кулачки изготавливают из стали 50 с улучшением до твердости HRC22 – 26 или из серого чугуна марок СЧ 24 – 44, СЧ 28 – 48. При средних нагрузках кулачки изготавливают иногда из модифицированного чугуна марки СЧ 32 – 52 с последующей термической обработкой, чаще – из стали 50 и 40Х с

поверхностной закалкой при нагреве т.в.ч. до твердости HRC 52 – 58 и из стали 15, 20X, 20XГ и 12ХН3 при цементации на глубину 1 – 1,5 мм и закалке до HRC56 – 62. Для обеспечения высокой износостойкости поверхности применяют для изготовления кулачков азотируемые стали типа 38ХМЮА или 35ХЮА.

При больших нагрузках, во избежание смятия поверхности, кулачки изготавливают из стали 40X при полной термической обработке до HRC 45 – 50 с последующей поверхностной закалкой при нагреве т.в.ч. до твердости HRC 56 – 60.

Тяжело нагруженные кулачки, сопрягающиеся с призматическими башмаками, имеющими малый радиус закругления рабочей поверхности изготавливают из стали ХВГ при полной термической обработке до HRC 50 – 56 и поверхностной закалке до твердости HRC 62.

В быстроходных кулачковых механизмах находят некоторое применение кулачки из текстолита.

Ролики и башмаки (сухари) изготавливают при средних нагрузках из стали 20X или 12ХН3 с цементацией на глубину до 1 мм и закалкой до твердости HRC56 – 62; при больших нагрузках – из стали ШХ15 (термическая обработка до HRC 59 - 63) и У8 (термическая обработка до HRC 55 - 59). Тяжело нагруженные призматические башмаки изготавливают из стали 18ХНВА с цементацией на глубину до 1,5 мм и закалкой до HRC 58 – 62.

К кулачкам предъявляют достаточно жесткие требования по точности (допуск 6...40 мкм) и шероховатость Ra0,32-2,5.

Вышеописанные особенности деталей фасонного профиля типа кулачков требуют специальных способов обработки.

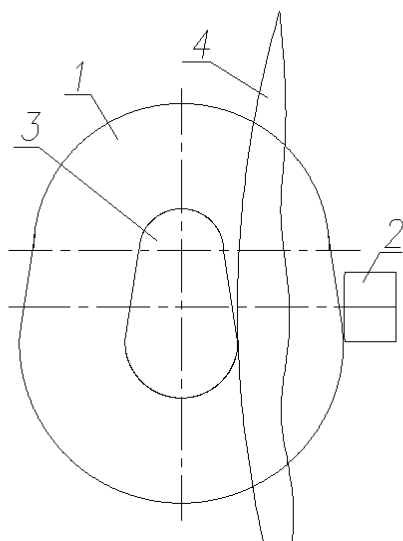


Рис.2.

Схема специального приспособления для шлифования кулачков методом копирования.  
1-Вращающийся кулачок; 2-Упор; 3-Деталь;  
4-Шлифовальный круг.

Особая форма поверхности, высокая твердость, точность, а также требования по шероховатости кулачков практически однозначно вынуждает использовать в качестве окончательной операций изготовления - шлифование. Операции шлифования выполняют на круглошлифовальных станках, на специальных профилешлифовальных станках. Для шлифования сложных наружных профильных поверхностей на круглошлифовальных станках методом копирования используются специальные приспособления, схема которого изображена на Рис.2. В головке шпинделя соосно со специальным кулачком закрепляется обрабатываемая деталь. При сближении шлифовального круга с вращающейся деталью последняя

перемещается относительно режущей поверхности круга, точно повторяя движение вращающегося кулачка относительно упора. Применение вращающегося упора на профилешлифовальных станках, используемых в массовом производстве, диктуется стремлением свести к минимуму износ кулачка и упора.

В последнее время на окончательных отделочных операциях обработки кулачков широко используются шлифовальные станки с ЧПУ, что значительно упрощает и ускоряет процесс изготовления.

На предварительных операциях перед термообработкой кулачки могут обрабатываться на специальных токарных, фрезерных станках, а также на универсальных токарных и



фрезерных станках с применением специальных приспособлений, схемы которых подобны схеме на рис.2. Также широко используются фрезерные станки с ЧПУ.

Для обработки кулачков применяются инструменты, работающие по методу огибания. Обработка производится специальными червячными фрезами, специальными долбяками на специальных фрезерных и долбежных станках. В основе получения особого профиля этими инструментами лежит принцип взаимного огибания профилей инструмента и детали при качении без скольжения центроиды инструмента по центроиде детали. Профиль детали

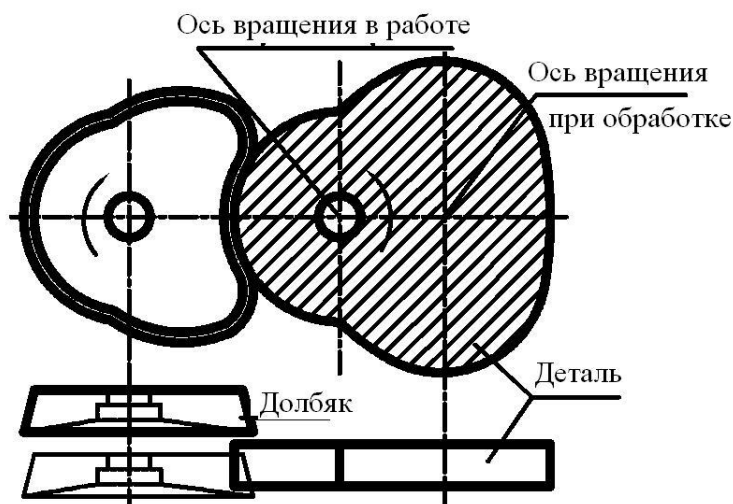


Рис.3.

Схема обработки кулачка специальным долбяком методом огибания.

образуется в результате огибания его профилем режущей кромки инструмента. На Рис.3. представлена схема обработки кулачка специальным долбяком методом огибания.

Использование универсального режущего инструмента и станков с ЧПУ для обработки деталей фасонного профиля типа кулачков на данном историческом этапе наиболее перспективно, поскольку универсальный инструмент значительно дешевле специального, управляющая программа позволяет легко создать требуемый закон движения режущего инструмента без применения сложных специальных приспособлений.

## ПРОБЛЕМЫ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ФАСОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ.

Курилов Е.Н.- инженер-конструктор «БСЗ».

Стеклопластики — композиционные материалы, состоящие из стеклянного наполнителя и синтетического полимерного связующего. Стеклопластики обладают теплопроводностью дерева, прочностью стали, биологической стойкостью, влагостойкостью и атмосферостойкостью полимеров.

Наполнителем служат в основном стеклянные волокна в виде нитей, жгутов (ровингов), тканей, матов, рубленых волокон; связующим — полиэфирные, феноло-формальдегидные, эпоксидные, кремнийорганические смолы, полиимиды, алифатические полиамиды, поликарбонаты.

Стеклопластики - конструкционные материалы в машиностроении, авиационной и космической технике, строительстве, химическом машиностроении, сельском хозяйстве, электроизоляционные материалы в радиоэлектронике, приборостроении, электротехнике.

В судостроительной промышленности из них делают корпуса лодок и катеров, глубоководных аппаратов, в электротехнической их применяют для изготовления аккумуляторных батарей, электроизоляционных и конструкционных материалов, а также для изделий при изготовлении высоковольтных выключателей, траверс, панелей, деталей, электрических машин, и корпусов приборов и т.д. В некоторых странах из них изготавливают кузова автомобилей, не подвергающиеся коррозии. Стеклопластики применяют для изготовления труб для высокоочистой воды в ядерных реакторах и силовых генераторах. В машиностроении особенно перспективно использовать для тяжело нагруженных деталей конструкций стеклопластики. Чаще всего находят применение вместо металлических сплавов (сталей) полиэфирные и эпоксидные стеклопластики. Из стеклопластиков различных модификаций изготавливаются самые разные мелкие детали в

приборостроении и производстве всевозможного оборудования. Стойкость к атмосферным и агрессивным химическим средам позволяет использовать стеклопластик в нефтегазовой отрасли. Стеклопластик играет важнейшую роль в авиационной промышленности. Он используется в производстве самых разных деталей небольших легких самолётов, вертолётов, военных истребителей, крупных пассажирских лайнеров, ракетно-космической технике, где требуется высокая удельная прочность, стойкость к вибрационным нагрузкам, а также к кратковременному действию высоких температур. В современных пассажирских самолетах стекло- и углепластики используются в несущих узлах планера, таких как элементы фюзеляжа, крылья, стабилизаторы, в элементах обшивки и обтекателях в конструкциях авиационных газотурбинных двигателей. В авиационных газотурбинных двигателях стеклопластики используются в качестве материала для корпусных деталей. Особое место в авиастроении занимают такие детали как лопасти несущих винтов вертолетов – фасонные детали. Особым препятствием на пути широкого внедрения стеклопластиков в машиностроении, авиастроении, ракетостроении является традиционный подход конструирования, опирающийся на технологические методы изготовления деталей из металлов, существенно отличающихся от технологии изготовления деталей из композиционных материалов. Для более широкого использования стеклопластиков необходима разработка научной базы технологии изготовления деталей из этого материала. Корпусные детали авиационных газотурбинных двигателей, лопасти несущих винтов вертолетов и подобные им детали требуют особо высоких показателей качества поверхности, точности формы и размеров. Методы получения заготовок из стеклопластика не позволяют обеспечить данные требования. Поэтому в большинстве случаев необходима дальнейшая механическая обработка. Фасонные поверхности лопастей несущих винтов вертолетов, скорее всего, необходимо получать фрезерованием.

В настоящее время для фрезерования стеклопластиков применяют режущий инструмент с напайными твердосплавными пластинами. Однако высокие абразивные свойства стеклопластика приводят к интенсивному износу режущего инструмента, к необходимости частых переточек инструмента, что снижает производительность обработки за счет увеличения времени на замену инструмента и последующую настройку станка на размер. Кроме того, в процессе резания стеклопластика возможно образование нежелательных видов стружки – сливной стружки, которая может наматываться на обрабатываемую деталь, что осложняет дальнейшую обработку, а также пылевидной стружки, состоящей из частиц стекла и затвердевшего связующего. Из рабочей зоны эти частицы во взвешенном состоянии могут распространяться по всему производственному помещению, оказывая вредное воздействие на здоровье человека и загрязняя окружающую среду. Некоторые взвешенные частицы стеклопластика могут оказывать токсическое воздействие на дыхательные пути человека, легко внедряясь в кожный покров, могут проникать в кровь. На месте действия выделяемых веществ ощущается легкое покалывание, першение в горле, резь в глазах. Результатом воздействия данных вредных производственных факторов на человека может быть общее отравление, нарушение функций дыхания, кровообращения, раздражение кожных покровов, общая слабость, снижение работоспособности, что в итоге может приводить к профессиональным заболеваниям. Механическая обработка стеклопластика имеет ряд специфических особенностей, определяемых главным образом особенностью структуры и физико-механических свойств стеклопластика:

1. Анизотропия свойств материала.
2. Сложность получения высокого качества поверхности.
3. Низкая теплопроводность материала обуславливает слабый отвод теплоты со стружкой и в обрабатываемое изделие.
4. Высокие абразивные свойства наполнителя.
5. Деструкция полимерного связующего при резании.
6. Высокие упругие свойства стеклопластика.
7. Специфика процесса стружкообразования.

Технология изготовления деталей из стеклопластика должна учитывать вышеперечисленные особенности. Направление обработки следует согласовывать со строением материала заготовки. Инструмент должен иметь возможность отвести из зоны резания как можно больше тепла. Упругие отжатыя во время обработки серьезно снижают точность деталей и необходимо вводить коррективы на упругие отжатыя, которые достигают по сравнению с обработкой металлов значительной величины. Особые трудности упругие отжатыя создают при обработке фасонных поверхностей: из-за переменных сил резания при изменении геометрии обработки, вносить коррективы затруднительно. Стеклопластику во время обработки присущи свойства, нехарактерные для металлов, например «разлажачивание», выделение токсичных веществ. При температурах обработки выше определенных связующее стеклопластика сгорает.

Важным свойством инструментального материала при обработке стеклопластиков является его износостойкость, так как высокие упругие свойства обрабатываемого материала и его абразивная способность интенсивно изнашивают резец.

Считается, что на сегодняшний день оптимальным инструментальным материалом при обработке стеклопластиков является вольфрамо-кобальтовый твердый сплав. Пермским государственным техническим университетом был предложен инструментальный материал силицированный карбид кремния СКК в качестве альтернативы твердым сплавам при обработке стеклопластиков. Наиболее перспективными инструментами для обработки стеклопластиков, обеспечивающих наивысшую производительность, являются инструменты с режущей частью из натуральных или искусственных, синтетических алмазов: АСБ – баллас, АСПК – карбонадо<sup>99</sup>. Они имеют наибольшую из всех инструментальных материалов твердость, высокую теплопроводность. Для обработки стеклопластиков существуют инструменты с нанокompозитными покрытиями.

Исходя из критерия стойкости режущего инструмента существуют рекомендации по назначению режимов фрезерования стеклопластиков (таблица 1).

Таблица 1.

Обрабатываемый материал	Диаметр режущего инструмента, d (мм)	Подача, Sz (мм/зуб)	Скорость резания, V (м/мин)	Охлаждение
Стеклопластик	2-4	0.04	120-200	Воздушное
	5-8	0.06		
	9-12	0.08		
	13-17	0.10		
	18-20	0.12		

При фрезерной обработке стеклопластиков режимы резания должны обеспечивать не только стойкость режущего инструмента, но и высокую производительность при требуемых параметрах качества и точности обрабатываемых деталей. Исследования в области выявления зависимостей между режимными параметрами фрезерования стеклопластиков и качеством, точностью обработанных поверхностей есть актуальная задача, поскольку выявленные зависимости позволяют широко использовать стеклопластики для производства особо ответственных деталей таких как корпусные детали авиационных газотурбинных двигателей, фасонные детали - лопасти несущих винтов вертолетов и т.д.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ РЕЗЬБОВОГО СОЕДИНЕНИЯ В ДЕТАЛЯХ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Лебедев П. В. – магистрант гр.МГАП-32, Мозговой Н.И. – аспирант,

Марков А. М. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Стеклопластиковые изделия уже сегодня с успехом заменяют ранее использовавшиеся традиционные материалы (сталь, цветные сплавы и т.д.), что существенно позволяет снизить

вес изделия, при этом не уменьшая надежности изготавливаемой детали. Удельный вес стеклопластиков колеблется от 0,4 до 1,8 и в среднем составляет  $1,1 \text{ г/см}^3$ , что примерно в 5 – 6 раз меньше, чем у черных и цветных металлов (у стали – 7,8, у меди – 8,9). Это делает стеклопластик особенно перспективным материалом для применения на транспорте. Уменьшение веса транспортных конструкции (самолетов, вагонов поездов, автомобилей и т.д.) позволит повысить КПД за счет экономии энергии.

При этом существенное количество изделий из стеклопластика имеет в конструкции резьбовые соединения. Прочность резьбовых соединений в деталях из стеклопластика является комплексным показателем, формирующимся под влиянием различных факторов, действующих как при изготовлении композитного материала, так и в процессе его механической обработки. В связи с этим при проведении экспериментальных исследований следует изучить не только процесс нарезания резьбы, но и оценить степень влияния точности предварительно полученного отверстия на способность резьбового соединения воспринимать рабочие нагрузки.

При проведении исследований влияния диаметра резьбового отверстия на эксплуатационные показатели за основу был принят метод испытания пробной нагрузкой ГОСТ 1759.5 – 87. В отличие от испытаний с пробной нагрузкой, при проведении экспериментов нагрузка продолжала расти вплоть до разрушения соединения (срез витков внутренней резьбы). Такой выбор обусловлен тем, что несущая способность в соединении стальной болт - стеклопластиковая гайка будет определяться прочностью внутренней резьбы. Отличием выбранной методики проведения испытаний является возможность сбора данных о характере разрушения витков стеклопластиковой резьбы.

Экспериментальная установка, использовавшаяся при проведении экспериментов, включала в себя разрывную машину INSTRON и ЭВМ, служащую для обработки данных.

После начала процесса нагружения со скоростью 5мм/мин. автоматически фиксировались нагрузка, воспринимаемая соединением и удлинение образца, под действием этой нагрузки. Далее на основе полученных данных строились диаграммы нагружения образцов изображенные на рисунке 1.

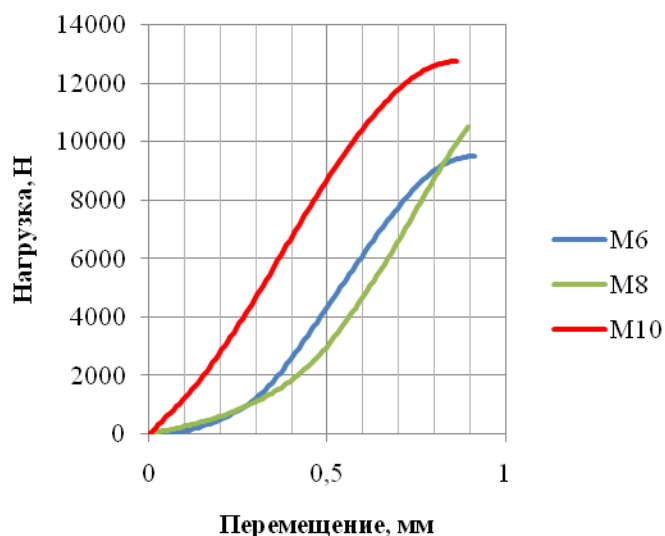


Рисунок 1 – Диаграммы нагружения образцов

Анализ диаграмм показывает, что характер разрушения образцов аналогичен разрушению хрупких материалов, а удлинение образца, до наступления пиковой нагрузки не превышает шага резьбы. Вместе с тем значительные деформации образцов до момента разрушения (спад нагрузки) свидетельствуют о более раннем начале разрушения первого витка резьбы (Рисунок 2). Так например, для диаметра резьбы равного 6 мм. начало разрушения происходит при перемещении равном 0,91225 мм., однако шаг резьбы при этом равен 1 мм. Это означает, что при условии неразрушения первого витка резьбы максимальное перемещение (соответствующее пиковой нагрузке) должно быть меньше

половины шага резьбы. Так как условие это не выполняется, то предположительно имеет место нижеизложенная картина.

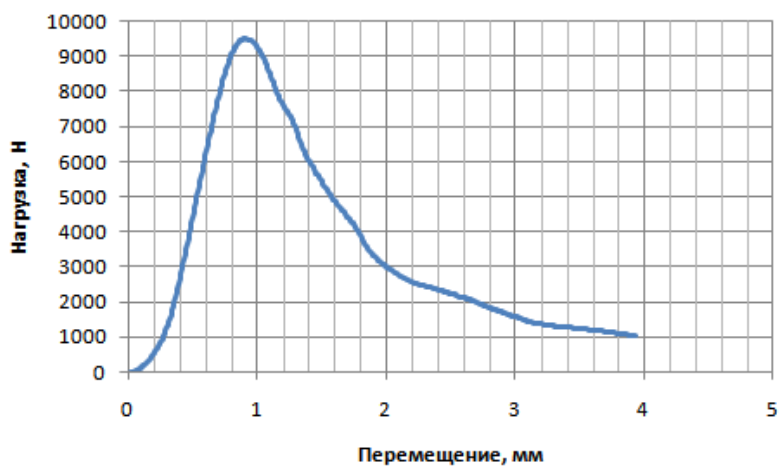


Рисунок 2 – Диаграмма нагружения образца резьбы М6

При постоянном перемещении образца происходит срез наиболее нагруженного первого витка и дальнейшее перераспределение нагрузки между остальными витками внутренней резьбы. Последующее разрушение витков носит цепной характер, что выражается на графике падением нагрузки.

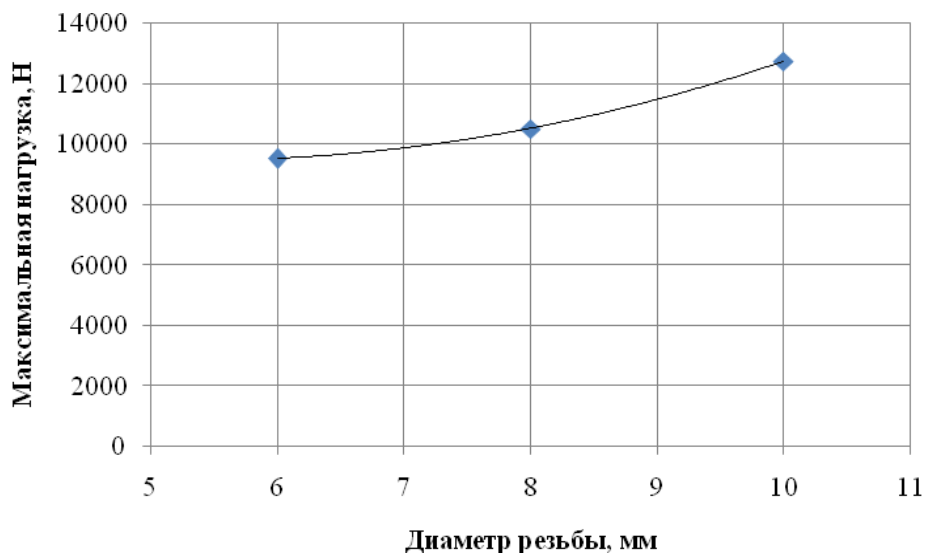


Рисунок 3 – Зависимость предельной нагрузки от диаметра резьбы

Оценивая зависимость предельной нагрузки  $N$ , воспринимаемой соединением, от диаметра резьбы  $d$  (Рисунок 3) получаем математическую зависимость:

$$N = 153,10d^2 - 1640,69d + 13854,21$$

Визуальный анализ характера разрушения внутренней резьбы показал, что вырыв болта происходит вследствие среза витков резьбы по всей площади контакта стального болта и стеклопластиковой резьбы. При этом со стороны наиболее нагруженных витков (при растягивающей нагрузке), или со стороны наименее нагруженных витков (при сжимающей нагрузке) наблюдается вспучивание стеклопластика. Причиной вспучивания является образование и дальнейший рост трещины во впадине витков резьбы.

## ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ ПОД НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ НА ВЕЛИЧИНУ ПРЕДЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ В ДЕТАЛЯХ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Лебедев П. В. – магистрант гр.МТАП-32, Мозговой Н.И. – аспирант,

Марков А. М. – д.т.н., профессор

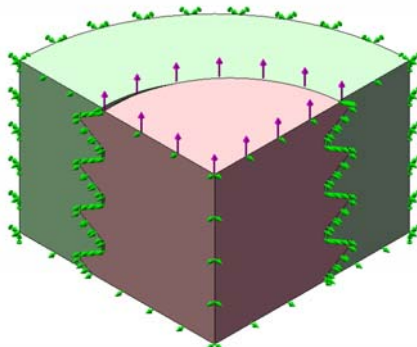
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время стеклопластик, являясь одним из перспективных материалов, широко применяется для изготовления изделий, к которым предъявляются требования высокой прочности и размерной точности.

Вместе с тем широкое использование резьбовых соединений в машиностроении (около 60% всех изготавливаемых деталей имеют резьбу) и их относительная простота изготовления обуславливают применение резьбовых соединений и в деталях из стеклопластика. Однако сложность механической обработки, трудность получения размеров заданной точности, вследствие значительных упругих деформаций, а так же специфические дефекты (разлохмачивание волокон, появление трещин на выходе инструмента из отверстия, высокий абразивный износ инструмента) осложняют изготовление резьбовых соединений.

Способность резьбового соединения воспринимать рабочие нагрузки является комплексным показателем, определяющимся геометрическими параметрами и точностью изготовления витков резьбы. Кроме геометрических параметров, задаваемых на этапе проектирования соединения, существенное влияние на величины предельных нагрузок оказывают и погрешности изготовления витков резьбы которые связаны с физико-механическими свойствами обрабатываемых материалов.

В частности, значительные упругие свойства и разрушение материала в процессе механической обработки порождают отклонения круглости как отверстия под резьбу, так и диаметров изготовленной резьбы. При этом отклонение в большую или меньшую сторону диаметра отверстия под нарезание резьбы будет во многом определять качество изготовления резьбового соединения. Так, например, в случае усадки отверстия после обработки, в дальнейшем (в процессе нарезания резьбы метчиками) будет наблюдаться увеличение сил трения, а значит более интенсивный износ инструмента и увеличение разрушенного слоя. В противном случае увеличение отверстия, по сравнению с номинальным, вызовет сокращение высоты витка резьбы и как следствие снижение величины предельной силы, воспринимаемой болтовым соединением.



*Рисунок 1 – Геометрическая модель. Нагрузки и ограничения*

Поэтому для оценки влияния диаметра предварительно просверленного отверстия под резьбу на величину воспринимаемой предельной (вызывающей разрушение соединения) силы было проведено моделирование процесса нагружения болтового соединения (резьба М10). Построение модели было произведено в среде Cosmos-Solid Works, как наиболее эффективной связке FEM пакет – система твердотельного проектирования. Выбор системы был обусловлен тем, что система твердотельного параметрического моделирования Solid Works обладает богатыми возможностями создания деталей и сборок.

Созданная модель в дальнейшем для уменьшения вычислительной нагрузки заменялась  $\frac{1}{4}$  ее частью. К оставшимся граням прикладывались такие ограничения (симметрия), чтобы поведение части модели обсчитывалось, как поведение целой.

После построения модели (Рисунок 1) создавался сценарий проектирования, в котором задавались значения приложенной к соединению силы. Интервал изменения нагрузки выбирался таким образом, чтобы гарантированно перекрыть значения силы, при которых напряжения на витках стеклопластиковой резьбы превышали предел прочности материала. Далее производился запуск анализа, в ходе которого производилось моделирование напряженно-деформированного состояния соединения с приложением возрастающей силы.

По результатам моделирования были построены диаграммы возникающих в соединении напряжений в зависимости от приложенной силы, представленные на рисунке 2. На диаграмме хорошо видно, что при увеличении диаметра отверстия под нарезание резьбы происходит уменьшение напряжений, возникающих в соединении, при действии одной и той же силы. И хотя при увеличении диаметра происходит уменьшение высоты витка резьбы, уменьшение напряжений вероятнее всего связано с увеличением жесткости витков резьбы. Причем подобная картина, скорее всего, будет наблюдаться только в соединениях стеклопластиковая гайка стальной болт, поскольку увеличение прочности витков внутренней резьбы в целом благоприятно сказывается на распределении напряжений в соединении, где предел прочности материала болта превышает предел прочности материала гайки. В противном случае в соединениях с  $\sigma_{в.б.} = \sigma_{в.г.}$  будет происходить срез витков резьбы болта.

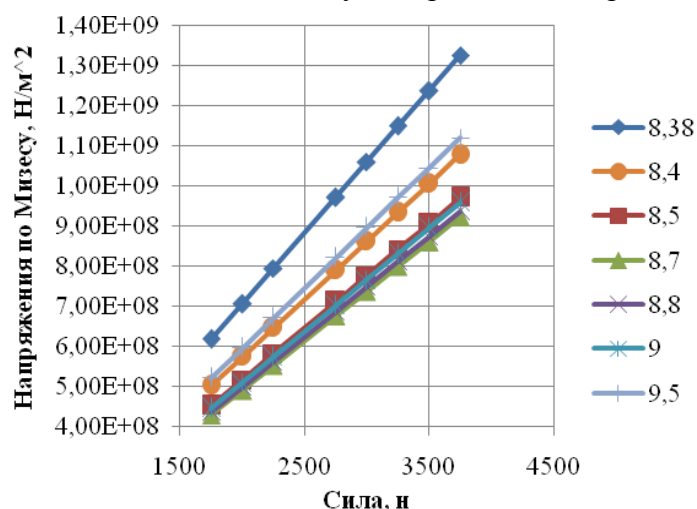


Рисунок 2 – Зависимость напряжений от приложенной силы

Однако при дальнейшем увеличении диаметра происходит уменьшение несущей способности соединения (Рисунок 3), вследствие сокращения высоты витка до критических значений. Оценивая влияние диаметра отверстия под резьбу на величину предельной нагрузки (т. е. такой силы, при которой происходит разрушение соединения) можно сделать вывод, что некоторое увеличение диаметра отверстия под резьбу (в среднем на 0,2 мм.) по сравнению с рекомендуемыми по ГОСТ 9150-59 диаметрами отверстий позволит повысить несущую способность резьбового соединения.

Следует отметить, что при назначении диаметра отверстия под нарезание резьбы необходимо учитывать усадку отверстия, дополнительно увеличивая его диаметр. Кроме этого, увеличение диаметра отверстия при нарезании резьб малых диаметров, может привести к ухудшению несущей способности и увеличению погрешностей геометрического профиля витков вследствие малых размеров изготавливаемой резьбы.



Рисунок 3 – Зависимость предельной силы от диаметра резьбы

В результате проведенных экспериментов можно сказать, что незначительно увеличение отверстия под сверление не влияет на величины предельной нагрузки воспринимаемой соединением. В целом же увеличение несущей способности соединения с увеличением диаметра отверстия связано с повышением жесткости витков внутренней резьбы, и последующим перераспределением напряжений в соединении.

#### МОДУЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Лейко А.Ю.- магистрант гр. МТАП-41, Жихарев В. И - к.т.н., профессор  
Алтайский Государственный Технический Университет (г. Барнаул)

Известно, что себестоимость и качество изделий, выпускаемых машиностроительными предприятиями, в значительной степени определяются эффективностью инструментообеспечения, в частности для обработки изделий режущих и вспомогательных инструментов, образующих в совокупности инструментальные системы.

В настоящее время наиболее перспективным направлением в использовании режущего инструмента считается применение модульных инструментальных систем. Модульный принцип состоит в том, что инструмент любого назначения может быть построен из стандартных модулей. Этот принцип по сравнению с применением стандартных режущих инструментов позволяет снизить вес инструмента в 3...4 раза, повысить эффективность работы оборудования, повысить производительность труда, сократить сроки подготовки производства, снизить себестоимость механической обработки, значительно сократить вспомогательное время на замену режущего инструмента и наладку оборудования.

Актуальность работы подтверждается тем, что повышение точности механической обработки и разработка систем быстросменного вспомогательного инструмента для высокоскоростных станков с ЧПУ выделено как приоритетное направление в федеральной целевой программе «Реформирование и развитие станкостроительной и инструментальной промышленности России» до 2010 года.

Несмотря на очевидные преимущества модульных инструментальных систем, технолог на стадии проектирования технологических операций в большинстве случаев склоняется к выбору стандартного режущего инструмента. Модульный инструмент используется лишь в 10 случаях из 100, позволяющих значительно повысить эффективность производства изделий. Это объясняется тем, что фирмы производители модульной инструментальной оснастки ограничиваются лишь рекомендациями по допустимым режимам обработки. Наиболее важный для технолога вопрос обеспечения требуемых показателей точности остается открытым.

Не приводятся данные о жесткости разных элементов базирования, используемых в инструментальных системах.



Проведенный анализ известных инструментальных систем показал, что наиболее перспективным является комбинация плоских и конических стыков.

Все выше изложенное, говорит об актуальности рассмотрения вопросов жесткости и точности модульной инструментальной оснастки, с точки зрения обеспечения заданных требований точности обработки на высоких режимах резания.

## ТРЕБОВАНИЯ К МОДУЛЬНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Лейко А.Ю.- магистрант гр.МТАП-41, Жихарев В.И- к.т.н., профессор  
Алтайский Государственный Технический Университет (г. Барнаул)

Современные оборудования типа производственных систем делится на два класса - для обработки круглых и призматических деталей.

Существующие инструментальные системы для этих двух классов оборудования принципиально отличаются по схемам базирования и конструкции базовых поверхностей.

В реальных производственных системах оба класса оборудования применяются в рамках единого производственного подразделения – ячейки, участка, цеха. Это влечет усложнения процесса инструментообеспечения, так как оборудование для восстановления режущих свойств инструмента должно быть удвоено.

Исходя из этого, актуальной является задача создания унифицированной модульной инструментальной системы, базовые элементы которой могли бы использоваться как на токарных, так и на фрезерно-сверлильно-расточных многоцелевых станках.

Анализ известных инструментальных систем показал:

Все инструментальные системы нацелены на самую высокую точность и наилучшие результаты. Это гарантирует лучшие показатели биения и балансировки.

При воздействии любых комбинаций сил резания нагрузка на соединение базовых элементов со станком должен распределяться равномерно, без концентраций напряжения. Это является гарантией минимально возможного биения (для вращающегося инструмента) и точного позиционирования по высоте оси центров (для токарного инструмента).

Точность изготовления и плотная посадка должны гарантировать беззазорность соединения. Передача вращающего момента в любом направлении не должна приводить к существенному смещению положения режущей кромки относительно оси центров. Это особенно важно при точении, когда смещение режущей кромки по высоте может привести к поломке инструмента.

При воздействии внешних сил на соединение нагрузка должна распределяться равномерно и симметрично по всей поверхности контакта. Соединение должно быть самоцентрирующейся. Это, в свою очередь, гарантирует повышенный срок службы самого соединения.

Вследствие высокой точности изготовления и специальной формы соединения желательно обеспечить одновременный контакт по всем базирующим поверхностям. Это придает соединению максимально возможную жесткость и высокую силу зажима.

В станках с функцией автоматической смены инструмента для зажима инструментов используется пакет тарельчатых пружин, для разжима используется гидравлический привод.

Механизм зажима является самоблокирующимся, т.е. гидравлическое давление необходимо только во время смены инструмента, а не во время его работы.

Перечисленным требованиям соответствует сочетание базовых поверхностей: торец, короткий конус, шпоночный паз.

Традиционные станки с ЧПУ могут быть легко переоснащены на быстросменную оснастку. При этом потребуется минимальная доработка узлов станков.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА

Лейко А.Ю. – магистрант гр. МТАП – 41, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В настоящее время развитие машиностроительных производств, привело к увеличению номенклатуры выпускаемых изделий, а также к повышению их качества. Обеспечение темпов роста промышленности - задача, решаемая на уровне технологической подготовки производства (ТПП). Одной из проблем решаемых ТПП является инструментальное обеспечение технологических процессов, а именно полная или частичная автоматизация проектирования режущего инструмента.

Автоматизированное проектирование режущего инструмента может осуществляться различными способами – от поиска требуемого типоразмера до осуществления новых конструктивных решений с использованием ЭВМ в режиме диалога. Сегодня большое распространение получили режущие инструменты со специальным покрытием, заключающихся в направленном изменении физико-механических и кристаллохимических свойств поверхностного слоя.

Модификация рабочих поверхностей инструментов позволяет создать режущий инструмент, обладающей уникальным сочетанием свойств, - например, высокой прочности и твердости. Многообразие используемых в инструментальной промышленности методов модификации можно разделить на 5 групп: нанесение покрытий; поверхностное легирование, термическое воздействие; деформационное воздействие; комбинированная обработка.

Использование указанных методов характеризуются различным механизмом воздействия с поверхностным слоем режущего инструмента. При применении методов нанесения сверхтвердых покрытий на поверхности режущего инструмента происходит формирование тонкой пленки.

Часто применяют многослойные покрытия, что значительно улучшает эксплуатационные свойства инструмента.

Поверхностное легирование изменяет химический состав поверхностного слоя режущего инструмента. Термическое воздействие - его структуру. При деформационном воздействии происходит наклеп поверхностного слоя режущего инструмента.

Поэтому автоматизированный выбор таких методов является эффективным способом проектирования инструмента.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ И САПР

Лейко Е.С. – магистрантка гр. МТАП – 41, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Современные мировые тенденции развития промышленности характеризуются увеличением масштабов создания, освоения и внедрения в производство новой высокоэффективной техники, обеспечивающей рост производительности труда, улучшение качества выпускаемой продукции, повышение ее конкурентоспособности. Это обеспечивается за счет использования новых конструкционных материалов, что вызывает необходимость совершенствования методов обработки, конструкции станков, режущих инструментов и методов их проектирования. Проектирование технологии изготовления режущего инструмента из-за сложной геометрии инструмента является сложной задачей. Автоматизированное проектирование режущего инструмента значительно упрощает эту задачу.

Поставленные задачи являются особенно актуальными для машиностроения.

Среди процессов формообразования деталей в металлообработке место механической обработки и, в частности, обработки резанием, по-прежнему остается главным. Важную роль

в обеспечении процесса механической обработки играет инструментальная подготовка производства, так как от эффективности, точности и работоспособности инструмента во многом зависит качество и эффективность всего процесса.

Особенно возрастает роль режущего инструмента в условиях безлюдных технологий гибкого автоматизированного производства (ГАП).

Современное направление развития проектирования режущих инструментов связано с созданием и развитием систем автоматизированного проектирования (САПР), позволяющих с помощью современных вычислительных средств комплексно решать вопросы, возникающие на всех этапах проектирования и изготовления инструментов, на базе лучших решений, полученных в результате целенаправленного поиска.

Обеспечивая ускоренный цикл подготовки производства, автоматизированные системы позволяют повысить производительность труда, освободить проектировщика от рутинных действий, выполнение которых раньше отнимало немало времени, перевести производство на безбумажную технологию, значительно повышая оперативность принятия решений. Ранее инженеру-технологу приходилось использовать большое количество нормативных документов и справочной информации (альбомы технологической оснастки, классификаторы, метрологические данные и др.). А такой модуль как APM Technology уже содержит базы данных, в которых можно найти всю необходимую информацию. Также значительно упрощает и ускоряет процесс проектирования 3D моделирование.

Разработка технологического процесса осуществляется не с нуля, а на основе технологического процесса-аналога (технологического процесса детали похожей конструкции) или типового технологического процесса, типовых операций и переходов. Использование базы типовых техпроцессов в модуле APM Technology намного сокращает время разработки, поскольку для создания нового технологического процесса достаточно внести необходимые изменения в выбранном базовом технологическом процессе и оформить комплект документации.

Здесь отметим возможность копирования не только ТП целиком, но и различных его частей, например объектов «Операция», «Переход», «Вспомогательный материал», «Приспособление», «Режущий инструмент» и т.д. Это позволит избежать повторения уже выполненных ранее действий (при разработке других ТП), а следовательно, ускорит процесс разработки технологических процессов.

Программный продукт T-FLEX CAD может быть использован не только для изображения геометрии изделий в виде чертежей и 3D-моделей, но и для выполнения проектных расчетов с помощью двух- и трехмерных геометрических построений. Сведение к минимуму количества формул в расчетах позволяет сделать их более простыми в применении и наглядными, чем традиционные методики, что дает возможность существенно упростить процесс проектирования металлообрабатывающего инструмента. Более эффективное использование возможностей T-FLEX CAD позволит значительно повысить производительность труда конструкторов и технологов и добиться большего экономического эффекта от внедрения в инструментальном производстве предприятия современных информационных технологий.

До 90% конструкторской документации уходит в корзину как тупиковое решение (полностью разработанное, но не дошедшее до производства либо такое, выпуск которого начат, но вскоре оказывается, что производство его нерентабельно). Доводка изделия методом проб и ошибок на базе опытного образца в настоящее время неприемлема по финансовым и временным затратам, и, как следствие, ведет к тому, что продукция и само предприятие становятся неконкурентоспособными.

Автоматизация подготовки производства помогает на ранней стадии проектирования избежать тупикового варианта. Эффективность такого решения можно оценить как уменьшение времени на разработку изделия в 40 раз, даже с учетом тупиковых разработок. Это огромный выигрыш, ведь на то, чтобы разработать, например, новую модификацию

любого автомобиля, отечественному заводу требуется почти 8 лет, а на разработку совершенно новой модели уходит до 12 лет.

Таким образом использование ЭВМ при проектировании режущего инструмента позволяет сократить время на проектирование в 20 - 60 раз, повысить стойкость инструмента в 1,1 - 1,2 раза. А от сроков выпуска, качества и точности соответствия требованиям заказчика зависят объемы реализации продукции машиностроительного предприятия, а следовательно, и все его будущее развитие.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ВЫНУЖДЕННЫХ И АВТОКОЛЕБАНИЙ

Рябцева О.П. – магистрант гр. МТАП-31, Белов Е.Б. – магистрант гр. МТАП-41,

Леонов С.Л. – к.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В процессе резания в технологической системе возникают вибрации – периодические колебательные движения. Вибрации, в основном, оказывают негативное воздействие на процесс резания: снижается стойкость инструмента и долговечность оборудования, ухудшается качество обрабатываемой поверхности, но при этом вибрации успешно применяют и для обработки: ультразвуковая обработка, вибрационное резание.

Причину нежелательных вибраций необходимо искать в неустойчивости самого процесса механической обработки. Так при работе на металлорежущих станках повышенной жесткости могут возникать вибрации двух типов: вынужденные колебания, вызываемые периодически действующими внешними силами, и автоколебания, которые не зависят от действия внешних сил.

До настоящего времени, несмотря на целый ряд проведенных исследований, отсутствуют надежные и достаточно простые методы расчета процесса резания на устойчивость, и соответственно нет научно обоснованных методов борьбы с колебаниями. Поэтому изучение природы и условий возникновения колебаний детали и инструмента, а также способов управления этими колебаниями имеет большое значение.

Изучение автоколебательных явлений не должно ограничиваться только разработкой методов их частичного или полного устранения. Необходимо уделить большое внимание умению управлять автоколебаниями, умению прогнозировать их появление еще на этапе проектирования технологических процессов механической обработки деталей.

Умение управлять автоколебаниями в процессе обработки резанием является актуальной задачей при обеспечении заданной точности и производительности, а также при создании экономически оправданных технологических процессов обработки деталей.

Ранее в литературе не уделялось значительное внимание взаимного влияния вынужденных и автоколебаний. Отсутствие анализа связи между этими двумя видами колебаний породило ряд неверных выводов, взглядов, а также недоразумений. Так же многие авторы рассматривают колебания только как линейные, объясняя это тем, что при теоретическом анализе во многих практических случаях можно ограничиться линейным приближением системы.

В процессе обработки сила резания не остается постоянной из-за изменения сечений срезаемой стружки, припуска на обработку, неравномерности механических свойств материала и распределения силы резания. Изменение силы резания вызывает затупление и износ режущего инструмента, наростообразования и ряд других процессов, влияющих на условия резания. Под действием изменяющихся сил резания элементы технологической системы (станок, инструмент, приспособление, деталь и т.д.) деформируются, изменяя тем самым условия резания, трения и работы привода станка.

Из выше сказанного прослеживается появление переменной силы резания от изменения фактической скорости резания в процессе обработки. Действительно проведенные опыты Зоревым Н.Н. показывают ярко выраженную зависимость силы резания, в частности главной (касательной) составляющей силы резания  $P_z$ , от скорости резания  $v$ .

Аппроксимировав экспериментальные данные Зорева Н.Н. методом наименьших квадратов (МНК), были получены аналитические выражения для расчета составляющей силы резания  $P_z$  в зависимости от скорости резания:

$$P_z = K_t K_0 \left( \frac{a \cdot V \cdot k_1 + b \cdot k_2}{V^2 + f \cdot V \cdot k_5 + g \cdot k_6} + \frac{c \cdot k_3}{V} + d \cdot k_4 \right) \quad (1)$$

где:  $K_0 = (1,099 - 0,00166 \cdot \varphi)$

$$K_t = 0,307 \cdot t^{0,852}$$

$$a = 1998,6 \cdot S^{-0,172};$$

$$b = -43092 \cdot S^{-0,5179};$$

$$c = 2601,3 \cdot S^{0,8343};$$

$$d = 596,87 \cdot S^{0,9812};$$

$$f = -33,5 \cdot S^{-0,95};$$

$$g = 354 \cdot S^{-1,98};$$

$$k_1 = 1,0756 \cdot e^{-0,00729\gamma};$$

$$k_2 = 0,937 \cdot e^{0,00649\gamma};$$

$$k_3 = 1,7054 \cdot e^{-0,0534\gamma};$$

$$k_4 = 1,066 \cdot e^{-0,00639\gamma};$$

$$k_5 = 0,583 \cdot e^{0,054\gamma};$$

$$k_6 = 0,3816 \cdot e^{0,09634\gamma};$$

Источниками возмущающих сил вынужденных колебаний являются периодически действующие внешние силы (неравномерный припуск на обработку - эксцентриситет, неоднородности механических свойств обрабатываемого материала, изменение геометрии инструмента в статической системе координат) – колебания в этом случае возникают в результате периодического изменения силы резания.

Глубина резания, зависящая от времени рассчитывается по формуле (2), которая учитывает начальную глубину резания, эксцентриситет и начальный радиус детали.

$$\varphi = \omega \tau,$$

$$\omega = \frac{3.14 n}{30}$$

$\tau$  – время,  $n$  – частота.

$$r' = \sqrt{r^2 - e^2 + 2 r e \cos \varphi}$$

$$t = t_0 + r' - r - e,$$

(2)

$r'$  – начальный радиус детали,  $t_0$  – начальная глубина резания,  $e$  – эксцентриситет,  $r$  – радиус детали при эксцентриситете.

В формулу (1) подставляется рассчитанная глубина резания и можно на рис.1 увидеть взаимное влияние вынужденных и автоколебаний.

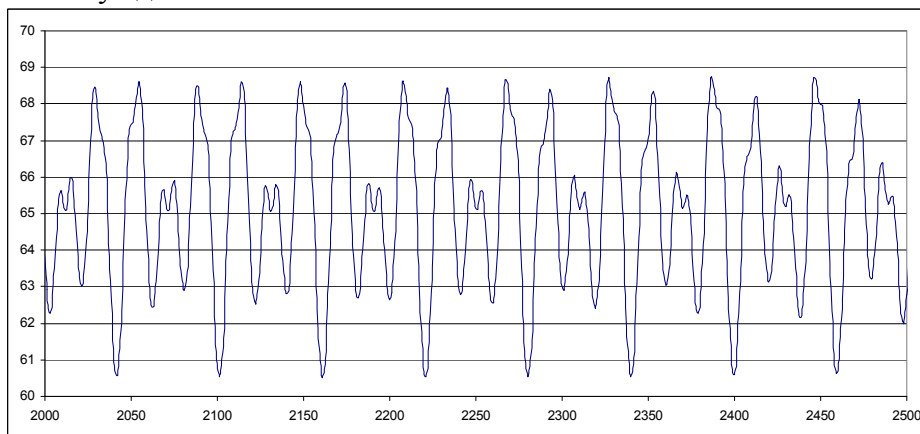


Рисунок 1. Суммарное колебание силы резания.

В настоящее время развитие современной вычислительной техники и программного обеспечения к ней позволяет создавать совершенные математические модели различных процессов, в том числе и математические модели для прогнозирования (изучения) автоколебаний при резании металлов. Математическое моделирование позволяет описывать физические явления математическими методами. Это дает возможность более детально изучить происходящие явления за счет получения большего количества информации, сокращения сроков и затрат на экспериментальные исследования и возможности ставить систему в «экстремальные» условия (опасные, приводящие к поломке в реальных условиях).

#### МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕТРИИ АЛМАЗНЫХ ЗЕРЕН.

Лысенко Д.Н. – магистрант гр. МТАП – 41, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время при проектировании дизельного двигателя одним из главных требований является применение его в сложных климатических и эксплуатационных условиях. Такие условия эксплуатации ведут к превышению подачи топлива в цилиндры двигателей для увеличения продуктивности их работы, что жизненно необходимо во время движения по пресеченной местности. При этом создается реальная угроза защемления прецизионных элементов (далее по тексту ПЭ), которая приводит к отказу элементов топливного насоса.

На каждый цилиндр двигателя приходится по несколько ПЭ топливной аппаратуры: плунжерная пара, нагнетательный клапан, распылитель форсунки. Таким образом, отказ даже одного из них ведет к исключению из работы этого цилиндра, что с учетом неравномерности работы ведет к падению мощности двигателя примерно на 10%.

Следовательно, повышение ресурса техники вплотную связано с надежностью работы ПЭ, которая, в свою очередь, зависит от точности изготовления, величины их зазоров, организации их смазки.

Одним из производительных и точных методов обработки поверхностей ПЭ является абразивная и алмазная обработка, которая завоевывает все новые позиции в различных отраслях промышленности и уже не является лишь способом получения необходимой шероховатости поверхности деталей, а становится одним из наиболее производительных методов обработки разнообразных деталей, успешно заменяя лезвийные операции, выполняемые на металлорежущих станках. Это обуславливается все возрастающими требованиями к качеству, точности и взаимозаменяемости деталей, а также расширением области применения высокопрочных и трудно обрабатываемых металлов и сплавов.

Связи с этим при обработки точных отверстий особенно малого диаметра большое значение приобретает алмазное хонингование-процесс, имеющий целый ряд преимуществ перед другими способами чистовой обработки малых отверстий: внутренним шлифованием, доводкой, абразивным хонингованием.

К основным недостаткам обработки малых отверстий шлифованием относятся низкая стойкость круга, малая жесткость шпинделя, длительность процесса, сложность автоматизации. Кроме этого, при шлифовании наблюдаются структурные изменения поверхностного слоя, прижоги, микротрещины. Алмазное хонингование практически не вызывает изменений в поверхностном слое.

Доводка отверстий малого диаметра обеспечивает высокое качество и точность обработки, однако является очень трудоёмкой операцией, требуя от рабочего большого физического напряжения и квалификации.

Хонингование абразивными брусками вследствие их малой размерной стойкости и механической прочности для обработки точных отверстий малого диаметра применение не нашло.

Высокая размерная стойкость и режущая способность алмазных брусков дают основание считать, что этот процесс является наиболее перспективным для обработки высокоточных отверстий малых диаметров.

Теоретическими и экспериментальными работами доказано, что все абразивные частицы, в том числе и алмазные зерна, имеют определенную геометрию, характеризуемую радиусом округления  $\rho$  и углом заострения при вершине зерна  $\varepsilon$ , определенную форму и размеры, несмотря на то, что являются продуктом механического дробления. Форма и геометрические размеры алмазных зерен оказывают непосредственное влияние на формирования микрорельефа обрабатываемой поверхности, определяют характер износа инструмента, способность зерен противостоять выкрашиванию при ударной нагрузке.

В настоящее время геометрия и форма алмазных и абразивных зерен измеряется у порошков, служащих сырьем для изготовления инструмента. Предлагаемая в данной работе методика направлена на выявления фактических геометрических параметров так, как вследствие относительно высоких давлений, применяемых при изготовлении алмазного инструмента, происходит дробление зерен, изменяется их гранулометрический состав.

Её использования позволяет количественно определить погрешности измерения геометрии алмазных зерен.

### РАСЧЕТ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВМ

Лысенко Д.Н. – магистрант гр. МТАП – 41, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Борьба за качество, снижение себестоимости продукции, увеличение номенклатуры выпускаемых изделий, обеспечение темпов роста промышленности - важные задачи, решаемые на уровне технологической подготовки производства (ТПП). Одной из проблем решаемых ТПП является инструментальное обеспечение технологических процессов в машиностроении. Многообразие выпускаемой продукции привело к усложнению формообразующих операций и, следовательно, к необходимости появления большого количества инструментов разнообразных типоразмеров. Проектирование инструмента занимает количество времени, соизмеримое со временем разработки технологического процесса изготовления детали в целом.

Одним из путей решения возникшей проблемы является полная или частичная автоматизация ТПП, в частности проектирование режущего инструмента (РИ) с использованием ЭВМ. Расчет РИ с использованием ЭВМ отличаются лишь программными средствами от тех, которые были 30 лет назад. Сама методика проектирования в своей основе остается той же: имеются исходные данные, имеется алгоритм, оператор (проектировщик) заносит данные в ЭВМ, и машина сама просчитывает характеристики РИ по заданному алгоритму. За те же последние 30 лет существенные сдвиги произошли в самих ЭВМ: быстрдействие, компактность, мобильность, гибкость и графическое обеспечение – вот те достижения, которые отличают ЭВМ настоящего от ЭВМ прошлого.

Среди современных систем автоматизированного проектирования (САПР) наиболее распространены следующие: AvtoCAD 2008, SolidWorks, КОМПАС. Такие комплексы автоматизированного проектирования позволяют сократить работу проектировщику на 40-60%. Крупные компании, участвующие в производстве, как в России, так и за рубежом, применяют в своей деятельности САПР.

Использование ЭВМ для расчета различного режущего инструмента дает увеличение производительности проектирования в 2-2,5 раза, сокращение времени ТПП, повышение качества принимаемых решений, возможность проработки нескольких вариантов конструкции инструмента и технологии их изготовления с выбором из них оптимального варианта.

САПР является главной перспективой развития вопроса-расчета инструмента с помощью ЭВМ.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ.

Лысенко Д.Н. – магистрант гр. МТАП – 41; Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время в серийном и массовом производстве при изготовлении ответственных деталей топливной аппаратуры предъявляются высокие требования к точности и шероховатости поверхности: некруглость менее 1 мкм, волнистость менее 0,2 мкм, нецилиндричность и непрямолинейность образующей менее 2—5 мкм, параметр шероховатости  $Ra = 0,02- 0,8$  мкм, отсутствие дефектного слоя металла (структурно-фазовых изменений, напряжений растяжения, микротрещин), иногда задаются определенные значения параметров формы микронеровностей и опорной поверхности.

Обеспечение этих требований достигается с помощью таких процессов абразивной обработки, как притирка, хонингование брусками из абразивных и алмазных материалов. Хонингование производится при одновременно выполняемых вращательном и возвратно-поступательном движениях инструмента (головки с брусками). Подача (разжим) брусков в радиальном направлении при хонинговании производится либо непрерывно, под воздействием постоянного усилия, либо периодически, на каждый двойной ход хонинговальной головки.

Хонингование применяется в основном как окончательная операция обработки высокоточных отверстий в деталях и является более эффективной технологической операцией, чем притирка и полирование абразивными пастами и суспензиями. Диапазон размеров хонингуемых отверстий очень широк: диаметр от 5 до 500—800 мм, длина до 20 м.

В частности обработка втулок плунжерных пар в настоящее время производится алмазным хонингованием, в отличие от прошлого: ручная доводка, притирка пастами, суспензиями

Выбор конструкций хонинговальных головок и приспособлений для закрепления обрабатываемых деталей определяется особенностями формы этих деталей, их габаритами, весом, а также точностью обработки. Хонинговальная головка может быть связана со шпинделем станка жестко или с помощью шарнира.

Проведенный анализ конструкций хонинговальных головок для обработки отверстий малого диаметра показал, что:

- характерной особенностью хонинговальных головок является их относительная нежесткость, обусловленная малыми размерами в диаметральном направлении.

- использования конструкций с разжимной иглой с малым углом наклона, позволяет использовать толщину алмазноносного слоя не более 0.3 мм, что уменьшает эффективность применения алмазно-абразивного инструмента.

- в случаи использования в конструкции неподвижных брусков делает её более жесткой, но приводит к частой остановке и замене инструмента, следствии низкой стойкость неподвижных брусков.

В результате проведенного патентного поиска было выявлено три принципиальных конструкции хонинговальных головок. Функционально-стоимостный анализ этих конструкций показал, что в частности на реализацию вспомогательной функции выдвижения брусков приходится 25.5% стоимости хонинговальной головки.

Это позволяет сделать выводы, что конструкции хонинговальных головок для обработки отверстий малого диаметра нуждаются к необходимости изыскания способов повышение жесткости при условии использования максимальной величины алмазного слоя.

Данная работа направлена на создания конструкции хонинговальной головки, лишенной указанных недостатков.



## ПОЛУЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

С.В. Гайст – студент, А.С. Жидецкая – студент, А.А. Тищенко – аспирант  
А.Т. Евтушенко к.т.н., профессор, В.Б. Бутыгин к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

Исследования связаны той обстановкой, которая сложилась в последние годы. Большие и, особенно, малые предприятия испытывают трудности в приобретении сталей и сплавов из-за их высокой стоимости. В связи с этим актуально изыскание способов получения сплавов методами, не требующими больших денежных вложений.

Процессом, обладающим значительным технологическим потенциалом, является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Имея ряд общих черт с технологическими процессами традиционной металлургии, СВ – синтез характеризуется такой уникальной особенностью, как существование высокотемпературной твердо–жидкой среды в течение протекания процесса синтеза и допускающий различные типы внешних воздействий, посредством которых возможно регулирование структуры и свойств конечных продуктов. При этом не требуется ни сложного оборудования ни больших энергетических затрат. Во многих случаях продукт сгорания содержит меньше примесей, чем исходная смесь, т. к. примеси «выгорают» из-за высокой температуры (1500-4000) и большой скорости распространения фронта горения СВС – процесса.

Задача наших исследований состояла в том, чтобы показать возможность получения сплавов путем СВС процесса окисла железа (отходов кузнечного производства) с соответствующими добавками.

Проведение эксперимента в лабораторных условиях включили сушку компонентов, дозирование, смешивание, разборку форм, извлечение слитков.

В качестве реакторов применялись металлические и кварцевые трубки различных размеров по диаметру и высоте. В табл. 1 показан состав шихты в весовых процентах.

Таблица 1. Состав шихты

№ шихты	Компоненты, в % вес.					
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	AC	TiC	FeSi	Mo	CrB <sub>2</sub>
	80	20	20	2	-	-
	80	20	15	2	-	-
	80	20	10	2	5	5
	80	20	10	2	10	-

После получения слитков был определен химический состав, приведенный в табл.2

Таблица 2. Химический состав сплавов

№ сплава	Элементы, в %						Марка сплава
	C	Si	Ti	Al	Mo	Cr	
	0,8	1,33	0,5	0,4	-	-	80СЮТ
	0,7	0,3	0,1	0,4	-	-	60СЮ
	1,42	1,5	1,0	0,4	1,5	-	140С2ТЮМ
	1,47	1,6	0,4	1,2	1,5	-	140С2ТЮ1М1

Определение механических свойств полученных сплавов показало, что все сплавы после охлаждения с температуры кристаллизации имели высокую твердость, характерную для закаленного сплава. Это закономерно, т. к. во всех сплавах присутствует алюминий, который повышает температуру мартенситного превращения. Микроанализ подтверждает наличие мартенсита в структуре. Причем, большая скорость охлаждения дает возможность формирования мелкоигльчатого мартенсита.

После получения сплавов и определения структуры был проведен отпуск от различных температур (табл. 3)

Таблица 3. Свойства сплавов после отпуска

№	Твердость после отпуска, HRC
---	------------------------------

сплава	После СВС	200 <sup>0</sup> С	400 <sup>0</sup> С	600 <sup>0</sup> С	750 <sup>0</sup> С
	61 - 63	59 - 60	57	38	20
	58	57 - 58	40 - 42	28 - 29	18
	57 - 58	57 - 58	61 - 62	57 - 58	43 - 44
	46 - 47	47	55,5	54	41 - 43

Анализ результатов термообработки показывает, что сплавы 1 и 2 ведут себя аналогично классической схеме для углеродистых сталей: повышение температуры отпуска приводит к снижению прочностных характеристик. Эти сплавы можно использовать в качестве инструментальных, не теплостойких, для мелкого инструмента.

Сплавы 3 и 4 ведут себя иначе. Легированность их выше сплавов 1 и 2. Микроанализ показывает наличие в микроструктуре наряду с мартенситом остаточного аустенита, причем в сплаве 4 его больше. Нагрев этих сплавов при отпуске до 200 - 600<sup>0</sup>С приводит к повышению твердости. Это происходит за счет превращения остаточного аустенита в мартенсит. Причем даже отпуск 600<sup>0</sup>С дает высокие значения твердости. Эти значения можно сравнить с инструментальными сталями, пригодными для инструмента как для холодной, так и горячей штамповки.

Интересно было, как поведут себя сплавы при закалке после их получения СВС. В таблице 4 показана твердость после закалки с различных температур.

Таблица 4. Твердость сплавов после закалки

№ сплава	Твердость после закалки, HRC	
	900 <sup>0</sup> С	950 <sup>0</sup> С
1.	61 - 62	61 - 63
2.	62 - 63	45 - 43
3.	55 - 57	56 - 57
4.	52 - 54	61 - 63

Из таблицы видно, что твердость сплавов после закалки классическим способом и твердость после СВС практически мало отличаются.

Таким образом исследования показали возможность получения сплавов с различными механическими свойствами способом СВС. Этот способ доступен, технологичен, не требует сложного оборудования. Им могут воспользоваться любые предприятия, даже небольшие мастерские малого бизнеса.

## ПРИОЕКТИРОВАНИЕ РАСТОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОРПУСА БУКСЫ

Таранов А.Г.-магистрант гр. МТАП-41, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаул)

В настоящее время доля железнодорожного транспорта в отрасли грузопассажирских перевозок неуклонно растет. Несмотря на более чем вековую историю конструкция несущей части любого вагона остается предельно простой: две колесные пары, с установленной на них рамой. Все динамические нагрузки (значительный вес самого вагона, удары колес о стыки рель) при этом принимает на себя сопряжение «корпус буксы-колесная ось». Сейчас, когда происходит постоянный рост товарооборота, необходимо увеличить скоростные возможности вагонов. Достичь этого можно и не изменяя конструкцию узла, за счет более точной и качественной обработки внутреннего отверстия корпуса буксы. Но проведенные исследования показали, что дальнейшее ужесточение требований к обрабатываемой поверхности на практике невозможно. В частности анализ полученного экспериментальным путем поля рассеяния партии детали (размера  $\varnothing 250^{+0,065}_{+0,015}$ ) показал, что даже при существующих требованиях к поверхности стабильного получения размера не происходит. А проведенный функционально-стоимостный анализ системы инструментального обеспечения выявил значительное рассогласование между значимостью некоторых функций и затратами

необходимыми для их реализации, в частности: использование неперетачиваемых резцов, настройка на расточной оправки на размер вне станка с помощью копира.

Наиболее перспективным путем решения проблемы повышения точности и качества поверхности, получаемой растачиванием, представляется использование новой, более прогрессивной инструментальной оснастки. В настоящей работе исследование проводится по двум направлениям: применение более жестких расточных оправок и применение самонастраивающегося инструмента. Использование более жесткой конструкции также позволяет повысить скорость резания. Применение автоматически настраивающихся оправок дает возможность полностью отказаться от применения труда человека в качестве настройщика. В процессе резания происходит износ резца, вследствие чего получение заданного размера становится невозможно. Тогда обработка останавливается. Но не для смены режущей платины, как у «обычной» оправки, а для того чтобы управляющая программа подала сигнал и режущая часть оправки приняла положение необходимое для получения размера. Однако, стоит отметить и значительный минус в конструкции всех оправок подобного типа. Это низкая жесткость, вследствие применения в их конструкции дополнительных элементов, которые необходимы для изменения положения режущей части резца. Из выше приведенного можно сделать вывод, что наиболее целесообразно использование самонастраивающихся оправок при чистовом и тонком растачивании.

Самым рациональным представляется применение на черновых операциях оправок повышенной жесткости, а на чистовых оправку с автоматической подналадкой на станке. Использование данной оснастки позволит не только обеспечить стабильность получения размера, но и в перспективе удовлетворить еще более жестким требованиям предъявляемым к внутренней поверхности буквы.

#### МЕТОДЫ МОДИФИКАЦИИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Таранов А.Г. – магистрант гр. МТАП – 41, Щербаков Н.П. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Сегодня существует множество различных видов механической обработки (фрезерование, точение, долбление и т.д.). При большом разнообразии условий работы режущего инструмента практически во всех случаях наиболее нагруженным оказывается его поверхностный слой и, в первую очередь, именно его свойства определяют работоспособность инструмента в процессе резания. На разных видах инструмента и при разных условиях резания характер теплосиловых нагрузок весьма разнообразен. Однако пока не созданы универсальные инструментальные материалы, обеспечивающие высокую надежность инструмента при разнообразном характере нагружения его рабочих поверхностей. Так же актуальны вопросы повышения стойкости и снижения адгезионной связи между инструментальным и обрабатываемым материалами.

Наиболее полно эти проблемы решают методы модификации рабочих поверхностей режущих инструментов. Самым универсальным из известных является нанесение покрытий на рабочие поверхности. Этот метод является наиболее универсальным среди других известных методов модификации, и поэтому получил наибольшее промышленное распространение при изготовлении режущего инструмента широкой номенклатуры. Достаточно сказать, что более 80% твердосплавных пластин в мире выпускается с различными покрытиями. Нанесение покрытий широко применяется и для быстрорежущего инструмента, а в последнее время и для пластин из минералокерамики.

Сегодня промышленность располагает достаточно большим арсеналом методов нанесения износостойких покрытий, из которых в инструментальном производстве наиболее широко применяются методы химического осаждения покрытий из газовой фазы - *Chemical Vapour Deposition (CVD)* и физического осаждения покрытий в вакууме - *Physical Vapour Deposition (PVD)*.

В настоящее время помимо традиционно используемых однослойных покрытий TiN, TiC и TiCN в промышленности широко используются и многослойные покрытия, в которых каждый слой выполняет строго регламентированные функции. Типичным представителем таких покрытий является TiC-TiCN-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Использование барьерного (наружного) слоя из Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> сдерживает диффузионные процессы и служит своеобразным термоизолирующим слоем, снижает склонность инструментального материала к окислению при повышенных температурах резания. Карбид титана обладает кристаллохимической совместимостью с твердосплавной подложкой, а карбонитрид титана является прекрасной связкой и используется для повышения прочности адгезионной связи между инструментальным материалом и наружным слоем покрытия.

Модификация рабочих поверхностей инструментов позволяет создать режущий инструмент, обладающей уникальным сочетанием на первый взгляд противоречивых свойств, - например, высокой прочности и твердости.

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Макаров Р.Ю – магистрант гр. МТАП – 31, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент,  
Леонов С.Л. – к.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

Трудоемкость и себестоимость шлифования деталей с газотермическим покрытием во многом зависят от правильности и скорости решения задач на этапе технологической подготовки производства. Современный уровень развития машиностроения отличается высокими требованиями к времени, затрачиваемому на технологическую подготовку производства. С целью повышения эффективности выбора характеристик инструмента и назначения режимов резания при проектировании операций абразивной обработки газотермических покрытий создана математическая модель процесса круглого наружного шлифования.

Анализ существующих динамических моделей круглого шлифования с продольной подачей показал, что на процесс формирования поверхности влияет большое количество факторов, основными из которых являются упругие отжатия в технологической системе и износ абразивного инструмента. Именно неравномерность износа приводит к появлению отклонений формы. Известно, что он может составлять до 5-10% диаметра круга за один цикл обработки детали.

Фактическая глубина резания зависит от заданной глубины резания, упругих отжатий, износа круга и температуры в зоне резания. В моделируемом процессе влияние температуры не учитывается, следовательно:

$$t_{\phi} = t - \Delta y - \Delta R_{\Sigma} - \Delta r_{\Sigma}, (1)$$

где  $t_{\phi}$  - фактическая глубина резания за один проход инструмента;  $\Delta r_{\Sigma}$  – накопленный сьем металла;  $\Delta R_{\Sigma}$  – суммарный износ круга;  $\Delta y$  – величина упругих отжатий.

$\Delta y$ ,  $\Delta R$ ,  $\Delta r$  зависят от  $t_{\phi}$  и будут изменяться с каждым оборотом детали. Введя коэффициенты  $K_1$  (коэффициент съема металла),  $K_2$  (коэффициент износа круга),  $K_3$  (коэффициент упругих отжатий).

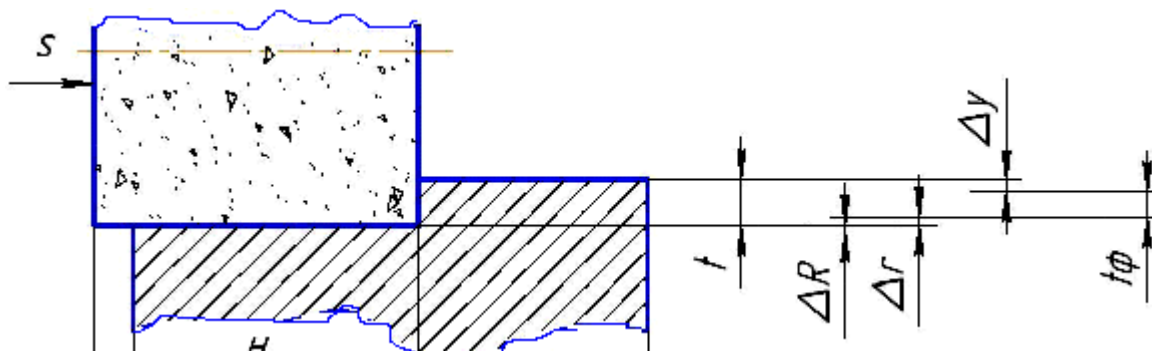


Рисунок 1 Схема круглого наружного шлифования

Из анализа схемы (рисунок 1):

$$\Delta r_{\Sigma} = K_1 \sum_{i=1}^{N_{об}} t_{\phi_i}, \quad (2)$$

$$\Delta R_{\Sigma} = K_2 \sum_{i=1}^{N_{об}} t_{\phi_i}, \quad (3)$$

$$\Delta y = K_3 \cdot S \sum_{i=1}^n t_{\phi_i}, \quad (4)$$

Коэффициенты  $K_1$ ,  $K_2$ , и  $K_3$  были подобраны так, чтобы смоделированный процесс был адекватен результатам реальных экспериментов. В данном случае  $K_1 = 0,025$ ,  $K_2 = 0,018$ ,  $K_3 = 0,005$

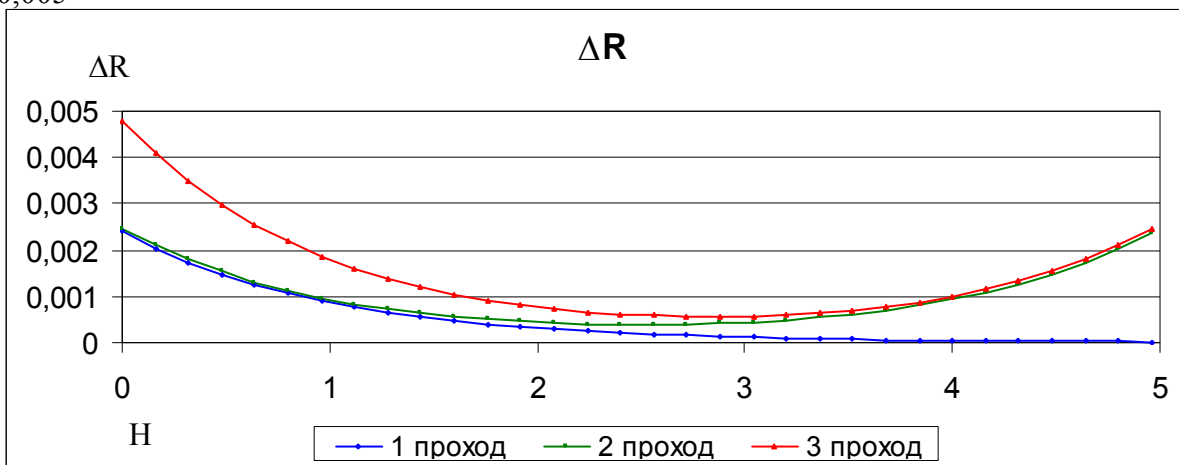


Рисунок 2 Износ абразивного инструмента

Одним из основных параметров качества обработанной поверхности является шероховатость  $Rz$ , величина которой рассчитывается по формуле:

$$Rz_i = \begin{cases} Rz_{i-1} - \Delta r_i, & Rz_{i-1} > t_{\phi_i} \\ t_{\phi_i} - \Delta r_i, & Rz_{i-1} \leq t_{\phi_i} \end{cases}$$

Расчет составляющих уравнения баланса перемещений целесообразно проводить для трех этапов круглого шлифования: этап врезания, резание всем абразивным инструментом (АИ) и этап выхода АИ. При этом на каждом обороте детали рассчитываются упругие отжатия  $\Delta y$ , радиальный съем металла  $\Delta r$ , износ круга  $\Delta R$ , фактическая глубина резания  $t_{\phi}$ , и шероховатость поверхности  $Rz$ . Процесс расчетов был автоматизирован с использованием табличного процессора Excel с помощью макросов, написанных на языке VBA.

Разработанная программа для ЭВМ позволяет также получать графики изменения  $\Delta R$ ,  $\Delta r$ ,  $R_{\max}$  (рисунок 2) и производить расчеты для нескольких проходов АИ.

Из рисунка 2 видно, что круг изнашивается неравномерно по его ширине. Наибольший износ приходится на края круга. Экспериментально установлено, что эти области равны приблизительно 1/3 ширины круга с каждой стороны. Такая неравномерность износа объясняется повышенным удельным давлением в моменты врезания и перебега, а также нежесткостью системы крепления АИ. Износ круга при шлифовании на проход не отражается на геометрической форме обрабатываемой детали, если перебег круга (выход за деталь) больше ширины изношенного участка круга. В целях улучшения качества поверхности детали и устранения возможных дефектов вследствие влияния формы круга рекомендуется править абразивный инструмент перед каждой финишной обработкой.

Причины износа абразивного инструмента можно классифицировать по различным признакам, что позволяет оценить наиболее слабое место при эксплуатации инструмента и разработать рекомендации по снижению темпов износа. В частности, в данной работе получены следующие результаты:

- 1) спроектирован цикл шлифования, обеспечивающий требования по перебегу и врезанию инструмента;
- 2) предложен новый подход проектирования круга: создание составных кругов, импрегнирование шлифовального круга;
- 3) разработаны рекомендации по циклу правки шлифовального круга, обеспечивающей требуемый профиль.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТОРЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ С ПРОГНОЗИРОВАНИЕМ ТОПОГРАФИИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Черданцев А.О. - аспирант, Черданцев П.О. - аспирант, Хоменко В.А. – д. т. н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

На современном этапе развития машиностроения возрастает роль проектирования режущего инструмента, позволяющего обеспечить всё увеличивающиеся требования к качеству обрабатываемых поверхностей. В задаче управления микрогеометрией поверхностного слоя при фрезеровании актуальна разработка модели адекватно отражающей процесс формирования микронеровностей и позволяющей прогнозировать топографию поверхности в зависимости от параметров инструмента. Не менее актуально применение такой модели для решения обратной задачи – назначения геометрических параметров инструмента и их оптимизации.

Доля фрезерного оборудования составляет около 25% от объема всего станочного парка. Фрезерование применяется для обработки плоских поверхностей, пазов, уступов, отрезания заготовок обработки фасонных канавок поверхностей, пространственных поверхностей. В случае работы фрезами с осью, перпендикулярной обрабатываемой поверхности, на долю которых приходится 65 % от общего объема фрезерных операций, качество обработанной поверхности в значительной мере зависит от геометрических параметров режущей части инструмента.

В настоящее время шероховатость поверхности оценивается по ГОС 2789-73. Но в связи с тем, что для реальной поверхности, получаемой в результате торцевого фрезерования характерно неравномерное распределение микронеровностей, для оценки геометрических параметров качества поверхности предлагаются следующие объемные параметры шероховатости: средняя плоскость поверхности, среднее арифметическое отклонение поверхности, максимальное отклонение поверхности и относительная опорная плоскость поверхности.

Нами разработана математическая модель процесса резания, учитывающая его кинематико-геометрические аспекты. Она состоит из двух моделей – модели инструмента и математической модели обрабатываемой поверхности. Математическая модель инструмента

представляет собой описание конструктивно-геометрических параметров его режущей расти. Режущий инструмент представлен в виде осевых плоскостей, в которых располагаются проекции зубьев, движущиеся по циклоидам. Поверхность представляется в виде сетки с ячейками размеры которых равны необходимой точности расчета.

Топография поверхности по сути является набором профилограмм. Следовательно основным моментом в расчете топографии является алгоритм расчета отдельной профилограммы. В общем он состоит из следующих моментов на первом этапе рассчитываются моменты времени начала и завершения формирования профиля; далее перебирая постепенно моменты времени с некоторым шагом, находится момент времени, когда профиль зуба начинает взаимодействовать с профилограммой; рассчитываются точки пересечения профиля зуба и профилограммы, до тех пор, пока профиль зуба не перестанет пересекать профилограмму и геометрически вычитается контур, очерченный рассчитанными точками из исходного профиля; перебор продолжается до тех пор, пока не достигнут конечный момент времени. Алгоритм расчета топографии представляет собой цикл расчета профилограмм в рассматриваемой области с определенным шагом.

На основании предложенных алгоритмов было разработано программное обеспечение для расчета топографии обработанной поверхности при торцевом и концевом фрезеровании. Исходными данными являются конструктивно геометрические параметры и режимы резания. Однако это программное обеспечение реализует только модель кинематико-геометрического копирования профилей зубьев. Поэтому результаты, получаемые с его помощью, применимы лишь в случае высокоскоростного резания. При обычных скоростях резания значительное влияние на формообразование микрорельефа, оказывают такие факторы, как вибрации и упругопластические деформации в зоне резания.

Разработанная математическая модель процесса формирования геометрических параметров качества поверхности, при торцевом фрезеровании учитывает форму режущих зубьев инструмента. Методика расчета топографии обработанной поверхности позволяет рассчитывать как топографические параметры шероховатости, так и традиционные, вдоль любого направления и на любом участке. Предложенные алгоритмы проектирования геометрии режущей части инструмента, позволяют осуществить его проектирование с учетом требований к шероховатости поверхности. Созданное программное обеспечение может быть использовано в системах автоматизированного проектирования режущего инструмента и технологических процессов.

#### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРУГЛОГО ШЛИФОВАНИЯ.

Лейко Е.С. – магистрант гр. МТАП-41, Леонов С. Л. – к.т.н., профессор.

Алтайский государственный технический университет (г. Барнаула)

В настоящее время одним из прогрессивных направлений развития технологии машиностроения является повышение качества принятия проектных решений. На стадии проектирования операции решаются вопросы обеспечения точности обработки и качества обработанной поверхности. Эффективное решение данных задач позволяет исключить значительные затраты на следующем этапе изготовления продукции – производственном процессе.

Снизить трудоемкость, а следовательно и затраты, а также повысить эффективность процесса проектирования операции можно путем формализации и автоматизации процесса технологического проектирования. Одним из способов автоматизации проектирования технологической операции является создание имитационной математической модели описывающей тот или иной технологический процесс (точение, фрезерование, шлифование и т. д.).

Имитационное моделирование процесса шлифования является одним из самых сложных, благодаря большому количеству входных параметров, изменяющихся в широком диапазоне. Возможности современной вычислительной техники позволяют смоделировать характер

взаимодействия инструмента и заготовки, осуществляя переход от микрогеометрических параметров взаимодействия отдельных абразивных зерен к микро и макрогеометрии обрабатываемой поверхности с учетом динамики обработки. Фактически моделирование в данном случае напоминает экспериментальные исследования, только сам эксперимент заменяется его имитацией на ЭВМ.

Разрабатываемая модель процесса круглого шлифования позволит рассчитывать радиальный съём металла и любой параметр шероховатости обработанной поверхности исходя из профилограммы получаемой при имитации процесса шлифования. Процесс формирования риски от абразивного зерна является центральным при имитационном моделировании. При этом из металла вырезается профиль, соответствующий случайным параметрам зерна с учетом случайной глубины резания в зависимости от случайного расположения в зоне контакта.

Моделирование профилограммы поверхности детали производится в табличном процессоре Excel.

Исходными параметрами являются:

- 1) радиус шлифовального круга ( $r$ ), мм;
- 2) радиус заготовки ( $R$ ), мм;
- 3) фактическая глубина резания ( $t_\phi$ ), мм;
- 4) минимальный радиус при вершине зерна ( $\rho_{\min}$ ), мм;
- 5) максимальный радиус при вершине зерна ( $\rho_{\max}$ ), мм;
- 6) базовая длина исследуемого участка заготовки ( $L$ ), мм;
- 7) количество активных абразивных зерен, шт.

В табличном процессоре Excel последовательно производится:

1) в зависимости от фактической глубины резания согласно рисунку 1 рассчитывается мгновенное значение глубины  $t=AB$  определяемое углом  $\alpha_1$ , который изменяется в диапазоне от  $-\alpha$  до  $+\alpha$ , и подчиняется равномерному закону.

$$\alpha = \arccos \left( 1 - \frac{t_\phi^2 + 2 \cdot R \cdot t_\phi}{2 \cdot r \cdot (R - r + t_\phi)} \right);$$

$$t = r + (R - r + t_\phi) \cdot \cos \alpha_1 - \sqrt{(R - r + t_\phi)^2 \cdot \cos^2 \alpha_1 - (R - r + t_\phi)^2 + R^2}.$$

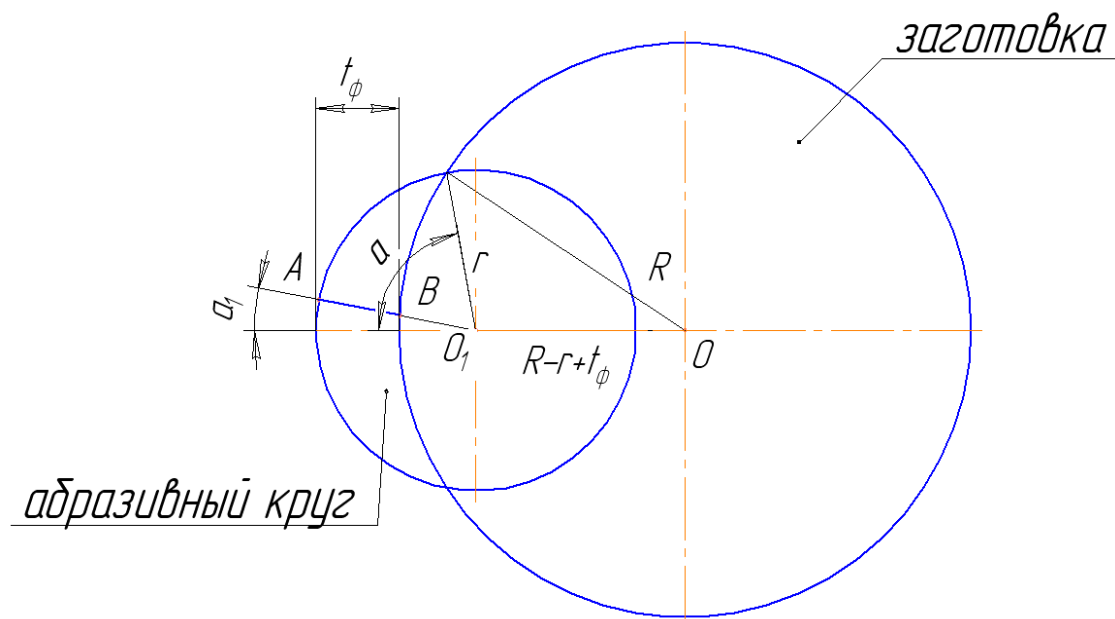


Рисунок 1. Зона контакта инструмента и заготовки.



- 2) рассчитывается случайный радиус при вершине зерна и случайная глубина резания зерном, которые распределяется по нормальному закону;
- 3) рассчитывается случайное положение зерна (распределяется по равномерному закону) в пределах  $L_{\text{баз}}$ ;
- 4) формирование профилограммы поверхности (рисунок 2).

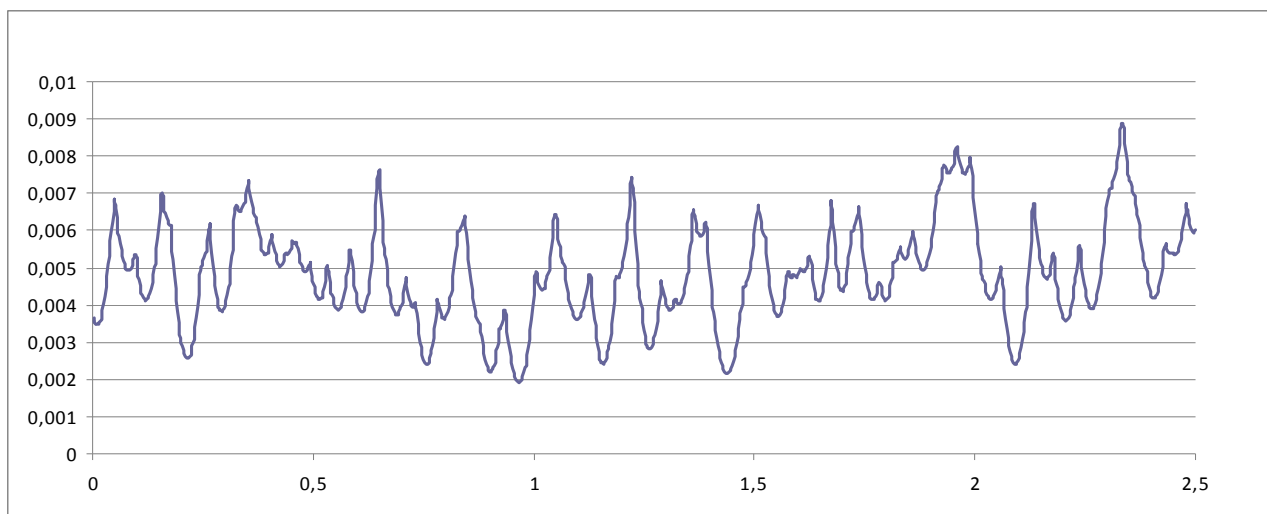


Рисунок 2. Профилограмма поверхности.

Полученная профилограмма позволяет вычислить съем металла, как расстояние между средней линией исходного профиля заготовки и средней линией полученного профиля детали и любой параметр шероховатости, в том числе  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $t_p$  и др.

#### ДОВОДКА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Корецкий И.С.– студент, Иконников А.М – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаула)

Качество рабочей поверхности играет существенную роль в долговечности инструментов, надежности их работы, конкурентной способности, поэтому вопрос его повышения актуален.

Высокие технические требования к рабочим поверхностям вызывают потребность постоянно совершенствовать технологический процесс, применяя новые отделочные методы обработки. Одним из прогрессивных способов обеспечения высокого качества является технология магнитно-абразивной обработки, которая широко применяется при доводке инструмента. Опыт применения магнитно-абразивной обработки при изготовлении инструмента подтвердил перспективность этого метода. Магнитно-абразивная обработка режущего инструмента из быстрорежущей стали и твердого сплава, позволяет повысить стойкость в 2-3 раза за счет уменьшения приработки инструмента и снижение коэффициента трения.

Применение на финишных операциях магнитно-абразивной обработки позволяет повысить эксплуатационные свойства инструмента. Достигается это снижением шероховатости рабочей поверхности и обеспечением оптимальной величины радиуса скругления режущей кромки.

Оптимальный радиус скругления режущей кромки повышает, время работы инструмента до ее разрушения и уменьшает количество отказов связанных с поломкой инструмента, что в конечном итоге приводит к повышению производительности процесса резания.

Экспериментальные исследования магнитно-абразивной обработки рабочей части фрез выявили следующие: шероховатость обработанной поверхности уменьшается с увеличением

времени обработки, и увеличивается по мере роста рабочего зазора между индуктором и поверхностью обрабатываемого инструмента. Производительность магнитно-абразивной обработки прямо пропорциональна зернистости порошка и обратно пропорциональна величине рабочего зазора. Так же на величину радиуса режущей кромки влияет направление вращения индуктора.

Получены рекомендации, которые позволяют получить оптимальный радиус скругления режущей кромки.

## МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ФОРМООБРАЗУЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Упоров А.В. – студент, Иконников А.М – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет (г. Барнаула)

Вопросы повышения качества поверхностей деталей машин и приборов актуальны в настоящее время, так как качество поверхности играет существенную роль в долговечности изделий, надежности их работы, конкурентно способности.

Одним из прогрессивных способов повышения высокого качества поверхности является технология магнитно-абразивной обработки, которая широко применяется при доводки инструмента.

В процессе магнитно-абразивной обработки обрабатываемый материал подвергается не только механическому абразивному воздействию, но также воздействию переменного магнитного поля, которое благоприятно отражается на эксплуатационных свойствах поверхностного слоя изделия.

Опыт применения магнитно-абразивной обработки при изготовлении инструмента подтвердил перспективность этого метода. Магнитно-абразивная обработка режущего инструмента из быстрорежущей стали и твердого сплава, позволяет повысить стойкость в 2-3 раза за счет уменьшения приработки инструмента, увеличение микротвердости поверхности рабочей части, уменьшения коэффициента трения.

Анализ литературных источников выявил отсутствие рекомендаций по обработке материала стали марки 6ХЗМФС. Для определения зависимостей влияния технологических факторов на параметры качества были проведены экспериментальные исследования.

Экспериментальные исследования магнитно-абразивной обработки пуансонов роторных линий выявили следующие: с увеличением времени обработки шероховатость обработанной поверхности уменьшается, и увеличивается по мере увеличения рабочего зазора, с увеличением времени обработки, зернистости порошка микротвердость поверхности увеличивается, и уменьшается по мере увеличения рабочего зазора, с увеличением времени обработки и рабочего зазора производительность уменьшается, и увеличивается по мере увеличения зернистости порошка.

Полученные математические модели при обработке экспериментальных данных позволяют рассчитать оптимальные технологические факторы (время обработки, высота рабочего зазора и зернистость порошка) по заданным параметрам качества и производительности.

## НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫЕ ЧЕРВЯЧНЫЕ ФРЕЗЫ

Черданцев П.О. - аспирант, Черданцев А.О. - аспирант, Хоменко В.А. – д. т. н., профессор  
Алтайский государственный технический университет (г.Барнаул)

В современных экономических условиях развития для машиностроительной отрасли характерно увеличение доли предприятий малого и среднего бизнеса. На таких предприятиях, занимающихся металлообработкой, как правило, отсутствуют заточной и инструментальной участки, требующие наличия дорогостоящих специальных станков. Для них выгоднее приобретать готовый режущий инструмент, имеющий достаточно высокую стойкость, и работающий без переточек до полного износа. Если в случае точения и

фрезерования широкое применение получили сменные многогранные пластины, то в случае зубофрезерования колёс средних модулей (1 – 10 мм) они не применимы. В то же время в конструкцию получивших широкое распространение стандартных червячных фрез заложена возможность переточки, причём в ущерб стойкости, так как при затыловании по архимедовой спирали не представляется возможным обеспечить задние углы на боковых режущих кромках более  $2^{\circ}30'$ , и как следствие создать благоприятные условия резания. Таким образом, создание конструкций червячных фрез с геометрическими параметрами, приближенными к оптимальным, обладающих высокой стойкостью и предназначенных для работы без переточек, является в настоящее время актуальным.

Перспективным путём повышения стойкости червячных фрез является применение конструкций, обеспечивающих раздельное стружкообразование на вершинной и боковых режущих кромках, в частности, червячные фрезы с прогрессивной схемой резания.

При обычной схеме резания каждый зуб, прорезающий впадину колеса, работает двумя или тремя кромками, срезая Г- или П-образные слои, то есть работает в условиях несвободного резания. При этом, вследствие совместной усадки стружек разной толщины на вершинной и боковых режущих кромках в замкнутом пространстве, возникают напряжения сдвига. Они приводят к характерному для червячных фрез износу по задним поверхностям боковых кромок, превышающему износ по задней поверхности вершинной кромки. Также наблюдается значительная лунка на передней поверхности вблизи уголка выходной режущей кромки вследствие схода стыка стружек.

При работе фрезами с прогрессивной схемой условия резания приближаются к условиям свободного резания благодаря разделению стружки, снимаемой вершинной и боковыми режущими кромками за счёт чередования через один зубьев нормального и завышенного профиля. При этом уменьшается деформация срезаемых слоёв металла (прежде всего на боковых режущих кромках), изменяется направление схода стружки. При этом стойкость червячных фрез с прогрессивной схемой резания от 2 до 5 раз выше, чем стойкость фрез стандартной конструкции. Основным недостатком прогрессивной схемы резания является увеличение огранки зуба из-за уменьшения числа формирующих его резов в два раза.

Также интерес представляет конструкция, предложенная Робертом П. Филипсом (патент США № 5033239). Основной её идеей является снижение себестоимости изготовления червячных фрез за счёт формирования задней поверхности зубьев шлифованием вместо затылования (рисунок 1). Такие фрезы не предусматривают возможных переточек, таким образом, представляется возможным назначить задние углы на вершинной кромке зубьев  $15^{\circ} \dots 18^{\circ}$ , не опасаясь уменьшения числа возможных переточек, как в случае проектирования фрез, затылованных по архимедовой спирали.

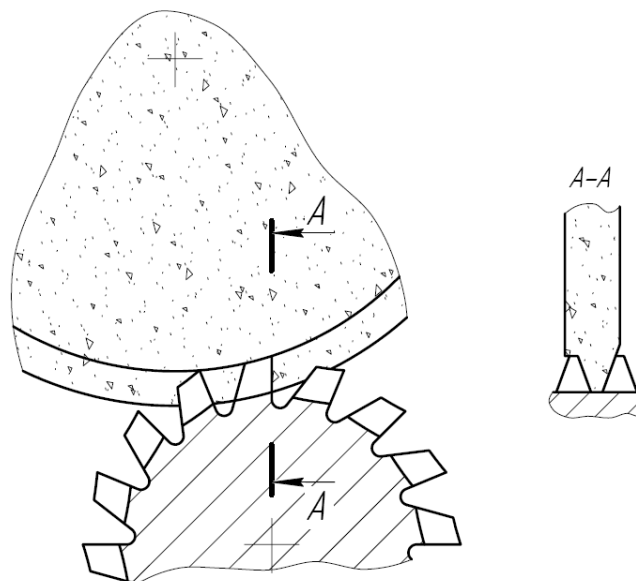


Рисунок 1 - Формирование задней поверхности зубьев

При этом, как показал проведённый нами анализ, задние углы на боковых кромках будут порядка  $5^{\circ}15' \dots 6^{\circ}15'$ , что более чем в 2 раза больше задних углов на боковых кромках зубьев затылованных фрез. Увеличение  $\alpha_6$  облегчит условия резания на боковых кромках, по которым идёт лимитирующий износ, и тем самым приведёт к увеличению стойкости инструмента. Следует отметить также, что конструкция Филиппа позволяет при равных диаметрах разместить большее количество зубьев по окружности, чем конструкция с затылованными по архимедовой спирали зубьями за счёт того, что зубья имеют меньшую толщину, так как нет необходимости в припуске на последующие переточки.

Перспективным представляется сочетание конструкции Филиппа с прогрессивной схемой резания. За счёт сочетания раздельного стружкообразования и увеличенных задних углов стойкость фрезы увеличится, что, учитывая работу без переточек, особенно актуально. В то же время, за счёт увеличенного числа зубьев по окружности, компенсируется основной недостаток фрез с прогрессивной схемой резания – увеличение огранки нарезаемого зуба из-за уменьшенного в 2 раза по сравнению с фрезами стандартной конструкции количества профилирующих его зубьев.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЬЮТЕРИЗИРОВАННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ КАБЕЛЬНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ, РАСПРОСТРАНЯЕМОГО ОПТИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ.

Хадисов А.М. - студент

Алтайский государственный университет (г.Барнаул)

В связи с обильным и бурным всплеском развития телекоммуникаций, который был спровоцирован появлением большого количества высокоскоростных сетей распространение информации (оптоволокно, беспроводные сети, витая пара) предоставление классических видов телекоммуникаций (Телевидение, Телефония) старыми способами невыгодно, поэтому Телекоммуникационные компании стремятся предоставлять данные услуги на основе уже готовых сетей распространения информации.

Благодаря тому, что передача КТВ идет по цифровым сетям и из цифровых же источников не стоит проблемы оценки качества видео- и аудио- сигнала. Поэтому основная задача техников КТВ — преобразование и коммутирование цифрового сигнала, гарантия его передачи и своевременное устранение неполадок на сети распространения. В связи с этим создаются отделы технической поддержки услуги предоставления КТВ, и инженеры, управляющие процессом распространения КТВ обязаны знать по каким причинам возможно непредоставление услуг в полной мере. Например:

- Является ли отсутствие сигнала у потребителя КТВ проблемой сети распространения сигнала (Отсутствует среда распространения).

- Является ли отсутствие сигнала неполадкой на Станции КТВ (Отсутствует

- Является ли отсутствие сигнала непоступлением сигнала со спутников/телецентров и. т. д.

Каждая из этих причин имеет неочевидные способы контроля, которые с одной стороны более просты чем ожидается, с другой стороны — имеют большое количество незаметных проблем, от которых очень сложно избавиться.

Основой НИРС является исключительно наблюдение за работой существующей компании по предоставлению услуг КТВ и консультация со специалистами компании.

### **Причина выделения компьютера как «сердца» автоматизированной системы контроля:**

1. Параллельно проложенная сеть предоставления услуг Интернета посредством оптоволокна, и как следствие — возможный доступ соответствующего оборудования по сети ethernet

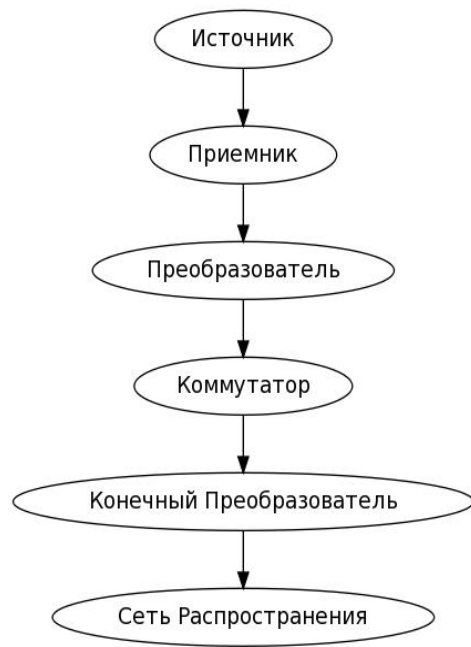
2. Невозможность конструирования собственных устройств из-за необходимости их долговременного тестирования и лицензирования и как следствие - отсутствие специализированных

устройств для решения данных проблем.

3. Наличие сетевых или компьютерных интерфейсов у большинства нынешних устройств, обеспечивающих прохождение сигнала КТВ.

### Упрощенная схема распространения сигнала КТВ от источника до абонента.

*Первый этап распространения КТВ сигнала* — его получение и преобразование для дальнейшего распространения по сети КТВ на головной станции КТВ.



Упрощенная схема работы головной станции КТВ приведена слева.

Разберем схему поэтапно и рассмотрим «симптомы» выпадения некоторых элементов из схемы.

1. Источник сигнала — как правило Спутниковая антенна, Эфирная антенна или заранее проведенная линия КТВ(оптическая, коаксиальная) и. т. д. Отсутствие сигнала обычно вырождается в «Черный экран», т.е. Далее пустой сигнал обрабатывается и резается приемником. Очень сложно контролировать, так как при существующих системах контроля наличия сигнала по коаксиальному кабелю или не существует систем контроля сигнала по спутниковым каналам, или это будет требовать дополнительной высокостоящей лицензии.

2. Пара Приемник\Преобразователь. Преобразование сигнала необходимо стандартизации сигнала(перевод из цифрового сигнала в аналоговый для сигнала со спутника) и как следствие - для безпроблемного дальнейшего коммутирования сигнала(очень сложно коммутировать цифровой и аналоговый сигнал). При выходе из строя

любого из пары будет отсутствовать на искомом канале кадровый синхроимпульс - неперменный атрибут телесигнала, отвечающий за синхронизацию смены кадров, также по синхроимпульсу сейчас настраиваются все телевизоры и тюнеры в режиме автоматической настройки.

3. Пара Коммутатор\Конечный Преобразователь. Коммутатор объединяет полученные высокочастотные сигналы, а конечный преобразователь конвертирует высокочастотный сигнал в сигнал, поддающийся передаче по оптоволоконной сети. При выходе из строя данной группы оборудования наблюдается отсутствие синхроимпульсов на определенной группе каналов(в соответствии с настройкой коммутатора) или полному отсутствию сигнала на всех предоставляемых каналах.

В дальнейшем сигнал уходит в сеть.



*Второй этап распространения сигнала КТВ* — Распространение его по сети к абонентам. Упрощенная схема распространения сигнала по сети к абонентам приведена слева.

Разберем схему поэтапно и рассмотрим «симптомы» выпадения некоторых элементов из схемы.

1. Сеть распространения\Промежуточные усилители и делители — среда распространения сигнала КТВ. При выходе из строя какого либо из

элементов сети, разбитой на кластеры будет отсутствовать сигнал у всех абонентов кластера.

2. Конвертер — Преобразователь оптического сигнала в высокочастотный. Дальнейшее распространение сигнала идет по коаксиальной сети. При выходе из строя будет отсутствовать телесигнал у абонентов, присоединенных к этому конвертеру через коаксиальные усилители

3. Коаксиальный усилитель — простой высокочастотный усилитель. При выходе из строя будет отсутствовать телесигнал у абонентов, подключенных к КТВ через него. К коаксиальному усилителю может быть присоединен еще один коаксиальный усилитель.

## **Основные точки контроля сигнала.**

Возможно выделить две основные точки КТВ сигнала

1. Точка, проверяющая сигнал на выходе из головной станции для его анализа и выявления неисправностей.

2. Точка, проверяющая доставку сигнала КТВ к абоненту. В данном случае это Конвертер оптического сигнала в высокочастотный по причине наличия у некоторых видов конвертеров контрольных выходов по ethernet, что дает возможность реализации централизованной системы наблюдения за статусом доставки сигнала. Проверяется наличие сигнала на них и в дальнейшем анализируется для выявления неисправностей.

Остальные точки контроля сигнала отброшены по причинам сложности реализации(например сбор информации по 50 приемникам сигнала) или дороговизне решения(Замена и без того дорогостоящего оборудования).

## **Состояние разработки системы контроля сигнала на основе существующей компании, предоставляющей услуги КТВ.**

Реализована программа проверяющая синхроимпульсы в виде плагина к программе BeholdTV и использующая тюнер марки «Behold». Пока невозможно наладить проверку доставки сигнала до абонента из-за отсутствия в сети распространения сигнала коммутаторов с возможностью контроля. Закупки такого оборудования затрудняются большей (в 2,5-3 раза) стоимостью вариантов оборудования с контролем сигнала относительно вариантов оборудования без контроля.