

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ ДЕТАЛЕЙ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ

Баташов М.М. – магистрант гр. 8КТМ-31, Щербаков Н.П. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Машиностроительные предприятия, находясь в рамках конкурентных отношений, заинтересованы в повышении качества принимаемых проектных решений, сокращении времени на технологическую подготовку, как следствие, сокращении финансовых затрат.

Следует отметить то, что развитие программных комплексов, призванных облегчить труд технолога, ограничивается общим решением поставленных задач. Ни один программный комплекс для технологической подготовки не имеет в арсенале полноту данных и не способен оптимально выбрать конкретный режущий инструмент, конкретного производителя, с конкретными конструктивно-геометрическими параметрами.

В тоже время камнем преткновения является тот факт, что производители режущего инструмента постоянно обновляют и совершенствуют свою продукцию, а как показали исследования, представленные в комплексах САПР инструменты не отражают полную гамму режущего инструмента каталогов. За основу проведенного исследования был принят обзор наиболее распространённых инструментов токарной и фрезерной групп. Если же взять узкоспециализированный инструмент, например, зуборезный, мы увидим картину полной неспособности решать задачи выбора в средах САПР.

В то же время, детали зубчатых передач занимают обширную позицию в общем машиностроении и составляют около 10% выпускаемой продукции.

Исходя из этого задачи повышения качества проектных решений и сокращения времени на подготовку принятия решений являются актуальными, приоритетными и постоянно требующими совершенствования.

С целью повышения качества и производительности, производителями режущих инструментов продвигаются усовершенствованные конструкции инструмента, сплавов, сменных пластин и т.д., однако эти усилия решают поставленные задачи частично.

Например, в группе деталей зубчатых передач выделяются валы сложных конфигураций. Для обработки поверхностей данных изделий применяется ряд универсальных станков, что негативно сказывается на производительности. Применение многофункционального станков с ЧПУ значительно повышают производительность, но для реализации потенциала этого оборудования необходимо выбирать и назначать инструмент оптимальный при тех или иных условиях обработки. Решение поставленной задачи значительно снизит издержки предприятия на технологическую подготовку, повысит производительность.

Исходя из вышесказанного, главной целью выполненных исследований являлось повышение качества технологической подготовки и снижение ее трудоемкости путем автоматизации выбора зуборезного инструмента

Для достижения поставленной цели были определены и решены следующие задачи исследования:

- изучение существующих методик и алгоритмов выбора зуборезного инструмента;
- математическое моделирование процесса выбора зуборезного инструмента;
- создание прототипа модуля для автоматизированного выбора зуборезного инструмента в среде Microsoft Office Excel;
- разработка методических указаний по использованию прототипа автоматизированного выбора зуборезного инструмента.

При этом разработка математической модели выбора зуборезного инструмента в зависимости от параметров обработки изделий и требуемых оптимизационных параметров является научной новизной выполненной работы.

Создание алгоритмического и методического обеспечения, прототипа программного модуля, направленного на реализацию автоматизированного выбора зуборезного

инструмента представляет собой определенную практическую ценность в области совершенствования технологической подготовки производства деталей зубчатых передач.

Автоматизированная система подразумевает постоянное дополнение базы данных. Методика проведения эксперимента позволяет значительно повысить эффективность применяемых решений, упростить внедрение исследований в базы данных системы и сократить стоимость проводимых исследований и работ.

Применение данной системы в рамках производства позволит значительно снизить трудоемкость формирования и выбора применяемого оборудования, режущего инструмента и режимов резания путем применения разработанных моделей и алгоритмов, обеспечивающих требуемое качество принимаемых решений, сокращение сроков и затрат.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЛНИСТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ГАРМОНИЧЕСКОЙ ЛИНЕАРИЗАЦИИ

Белов Е.Б.– аспирант, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Повышение требований к служебному назначению изделий машиностроения приводит к соответствующему ужесточению требований к геометрическим параметрам качества изготовления поверхностей деталей – точности получаемых размеров, отклонений формы, взаимного расположения поверхностей, их волнистости и шероховатости [1]. Основное влияние на эти параметры оказывают вибрации в технологической системе, возникающие в процессе механической обработки.

Имеются достаточно подробные исследования причин возникновения колебаний – регенеративного эффекта, координатной связи, нелинейности системы [2]. Имеются и соответствующие модели для исследования этих причин [3]. Однако комплексный и всесторонний учет всех этих причин, а также их связь с вынужденными колебаниями, в современных исследованиях отсутствует. Связано это в основном с тем, что как вынужденные, так и автоколебания описываются системой дифференциальных уравнений, численное решение которой требует значительных затрат времени, связанных с необходимостью получения установившихся колебаний [4].

С другой стороны, имеются достаточно эффективные приближенные способы прогнозирования установившихся колебаний, одним из которых является метод гармонической линеаризации. Использование этого метода позволяет значительно сократить время для прогнозирования автоколебаний и разработать инженерные методики и программное обеспечение для проектирования операций механической обработки с обеспечением заданных требований к волнистости обработанных поверхностей деталей.

Таким образом, исследования, направленные на решение проблемы прогнозирования волнистости обработанной поверхности при токарной обработке металлов на основе анализа автоколебательных явлений, являются актуальными.

Цель работы: прогнозирование волнистости обработанной поверхности при токарной обработке металлов на основе анализа автоколебательных явлений методом гармонической линеаризации.

Задачи исследования:

1. Разработать имитационную динамическую модель, для прогнозирования автоколебаний при точении с учетом параметров технологической системы.
2. Создать алгоритм расчета установившихся автоколебаний на основе применения метода гармонической линеаризации.
3. Разработать методику прогнозирования волнистости обработанной поверхности при проектировании операции наружного точения.

Имитационная динамическая модель расчёта параметров волнистости при точении металлов основывается на анализе процесса автоколебаний.

Основными источниками возникновения автоколебаний при точении являются координатная связь и нелинейность зависимости силы от скорости резания [5]. На рисунке 1 показана структурная схема нелинейной системы с учетом координатной связи.

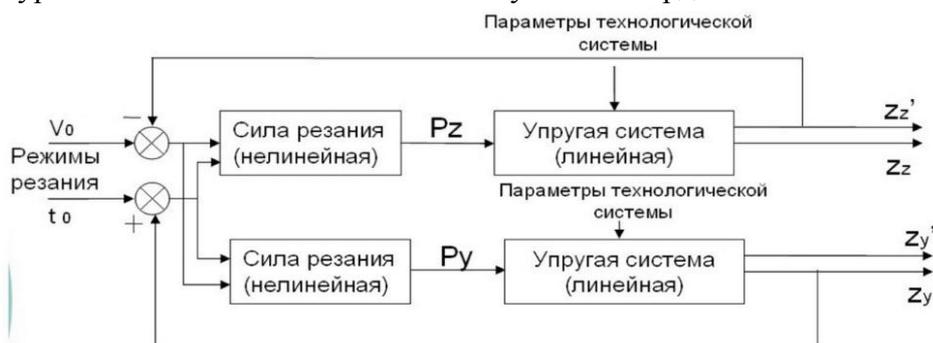


Рисунок 1 - Структурная схема нелинейной системы с учетом координатной связи

Координатная связь проявляется в том, что в общем случае под действием приложенной силы вершина резца стремится сместиться не только в направлении вектора силы, но и в ортогональном направлении. Это происходит из-за того, что жесткость инструментального узла различна по разным направлениям, т.е. существуют главные оси жесткости (оси V_1 и V_2), которые обычно не совпадают с координатными осями станка. На рисунке 2 приведена расчетная схема для математического описания координатной связи.

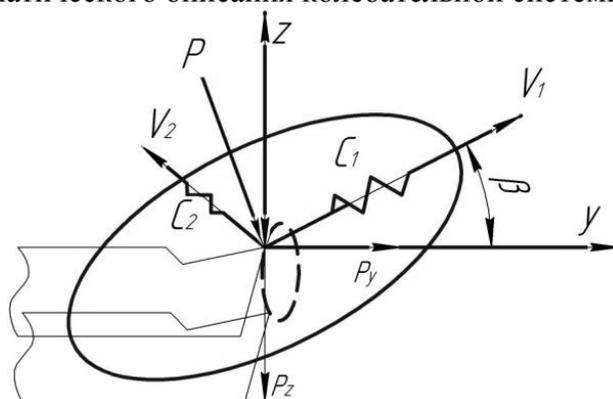


Рисунок 2 - Расчетная схема для математического описания координатной связи

Рассмотрим одномассовую систему, в которой колеблется только один элемент – токарный резец - вдоль главных осей V_1 и V_2 . Тогда уравнение движения представляет собой систему двух нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{V}_1 + G_1 \dot{V}_1 + C_1 V_1 = Py(V_\phi; t_\phi) \cdot \cos \beta - Pz(V_\phi; t_\phi) \cdot \sin \beta = P_1(V_\phi; t_\phi); \\ m_2 \ddot{V}_2 + G_2 \dot{V}_2 + C_2 V_2 = -Py(V_\phi; t_\phi) \cdot \sin \beta - Pz(V_\phi; t_\phi) \cdot \cos \beta = P_2(V_\phi; t_\phi) \end{cases} \quad (1)$$

где: $m_1; m_2, G_1, G_2, C_1, C_2$ – соответственно, приведенные массы резца, коэффициенты демпфирования и жесткости по осям $V_1; V_2$;

V_ϕ – фактическая скорость резания;

t_ϕ – фактическая глубина резания.

Ранее проведенными исследованиями [5,6] были получены формулы для расчета тангенциальной и нормальной составляющих силы резания (2).

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

Аналитические выражения для расчета составляющих Pz и Py , получены аппроксимацией экспериментальных данных методом наименьших квадратов для стали 40Х.

Для расчета автоколебаний необходимо численными методами решать дифференциальное уравнение (1) при силе, полученной по формуле (2).

Дифференциальные уравнения второго порядка обладают фильтрующими свойствами и даже при нелинейности силы резания, колебания описываются законом, близким к моногармоническому по каждой из осей. Для проверки этой гипотезы мы численным методом решали систему (1) и разлагали решение в ряд Фурье. Опыт таких численных экспериментов показал, что первая гармоника колебаний обладает наибольшей амплитудой.

Учитывая это, разработан алгоритм получения первой гармоники установившихся колебаний, который позволяет исключить из расчетов переходной процесс и значительно сократить время решения. В основе этого алгоритма лежит метод гармонической линеаризации (МГЛ).

Полагаем колебания по осям моногармоническими, с различными частотами:

$$\begin{aligned} V_1 &= A_1 \sin(\omega\tau) + V_{10} & V_2 &= A_2 \sin(\omega\tau) + B_2 \cos(\omega\tau) + V_{20} \\ V_1' &= A_1 \omega \cos(\omega\tau) & V_2' &= A_2 \omega \cos(\omega\tau) - B_2 \omega \sin(\omega\tau) \\ V_1'' &= -A_1 \omega^2 \sin(\omega\tau) & V_2'' &= -A_2 \omega^2 \sin(\omega\tau) - B_2 \omega^2 \cos(\omega\tau) \end{aligned} \quad (3)$$

где A_1, A_2, B_2, ω - соответственно, амплитуды и частота колебаний по осям V_1 и V_2 ; V_{10}, V_{20} - средние значения упругих отжатий (постоянная составляющая).

Для этого силу резания P_z и P_y разлагаем в ряд Фурье, с сохранением только первой гармоники, считаем, что остальные ослабятся линейной частью (Рис. 1)

$$\begin{aligned} P_z(V_\phi, t_\phi) &= a_{10} + a_1 \sin \omega\tau + b_1 \cos \omega\tau \\ P_y(V_\phi, t_\phi) &= a_{20} + a_2 \sin \omega\tau + b_2 \cos \omega\tau \end{aligned} \quad (4)$$

Коэффициенты разложения в общем случае зависят от значений A и ω . Для решения необходимо найти параметры этой гармоники: амплитуды (A_1, A_2, B_2), частоту (ω) и постоянные составляющие (V_{10}, V_{20}). Использование МГЛ позволяет рассчитать параметры первой гармоники автоколебаний и значительно сократить время расчетов.

Волнистость обработанной поверхности определяется параметрами колебаний в технологической системе. При этом параметр волнистости W_z считают по формуле (5).

$$W_z = 2 \cdot A_z \quad (5)$$

Шаговые параметры волнистости зависят от частоты колебаний ω и скорости резания V_ϕ . На рисунке 3 приведен фрагмент расчетной круглограммы поверхности детали при наличии автоколебаний.

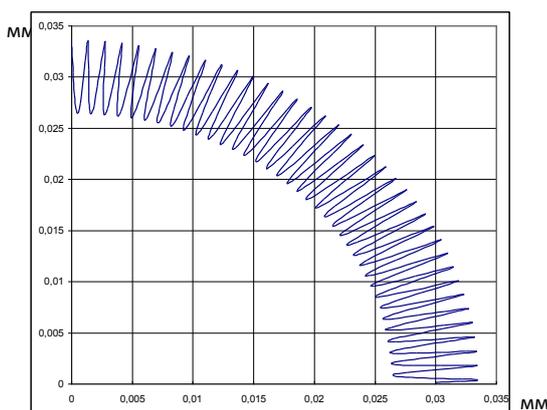


Рисунок 3 - Фрагмент круглограммы поверхности при $\omega = 12000$ гц,
 $A_1 = 0,003$ мм, $A_2 = 0,0009$ мм, $B_2 = -0,07$ мм

Выводы:

1. Разработанная имитационная модель для прогнозирования автоколебаний позволяет прогнозировать вибрации и связанную с ними волнистость обработанной поверхности.

2. Использование метода гармонической линейризации для разработанной модели позволяет сократить время расчета основных гармоник колебаний, что дает возможность использовать этот подход при проектировании технологических операций точения.

3. Разработанная методика дает возможность управлять вибрациями и позволяет на этапе проектирования технологических процессов прогнозировать волнистость обработанной поверхности при точении.

Список литературы:

1. Mason F. Современные тенденции в измерении геометрических параметров деталей. // Tooling & Production. 2003. V. 69. Nr. 4. P. 24-26.

2. Свинин, В. М. Исследование условий возбуждения и гашения регенеративных колебаний в процессе резания / В. М. Свинин // Обработка металлов. 2005. -№ 1. - С. 29-31.

3. Лазарев, Г. С. Автоколебания при резании металлов / Г. С. Лазарев — М.: Высшая школа, 1981. 243 с.

4. Кудинов, В. А. Автоколебания на низких и высоких частотах при резании / В. А. Кудинов // СТИН. 1997. - №2. - С. 16-21.

5. Леонов, С. Л. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования / С. Л. Леонов, А. Т. Зиновьев — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. 198 с.

6. Белов, Е.Б. Прогнозирование автоколебаний при точении/ С.Л. Леонов доктор техн. наук, В. Д. Гончаров канд. техн. наук, Е.Б. Белов аспирант, А.Б. Белов аспирант./ Украина, г. Харьков, издательство НТУ, 2011г., С. 45-48

ПОИСК МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ФОРМООБРАЗУЮЩИХ МАТРИЦ

Коняев А.В. – студент, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Повышенные требования к качеству обработки поверхностей пуансонов и матриц штампа обеспечивает необходимую стойкость штампа в работе, а точная взаимная подгонка пуансона и матрицы – получение высококачественных деталей. Проблемой обработки деталей для формообразующих штампов являются затраты на режущий инструмент и требования к высокому качеству формообразующих поверхностей. Указанные требования обеспечиваются применяемым инструментом и режимами резания, это решающие факторы от которых зависят качество деталей и затраты на их изготовление.

Формообразующая матрица это деталь штампа, служащая для образования формы будущего изделия.

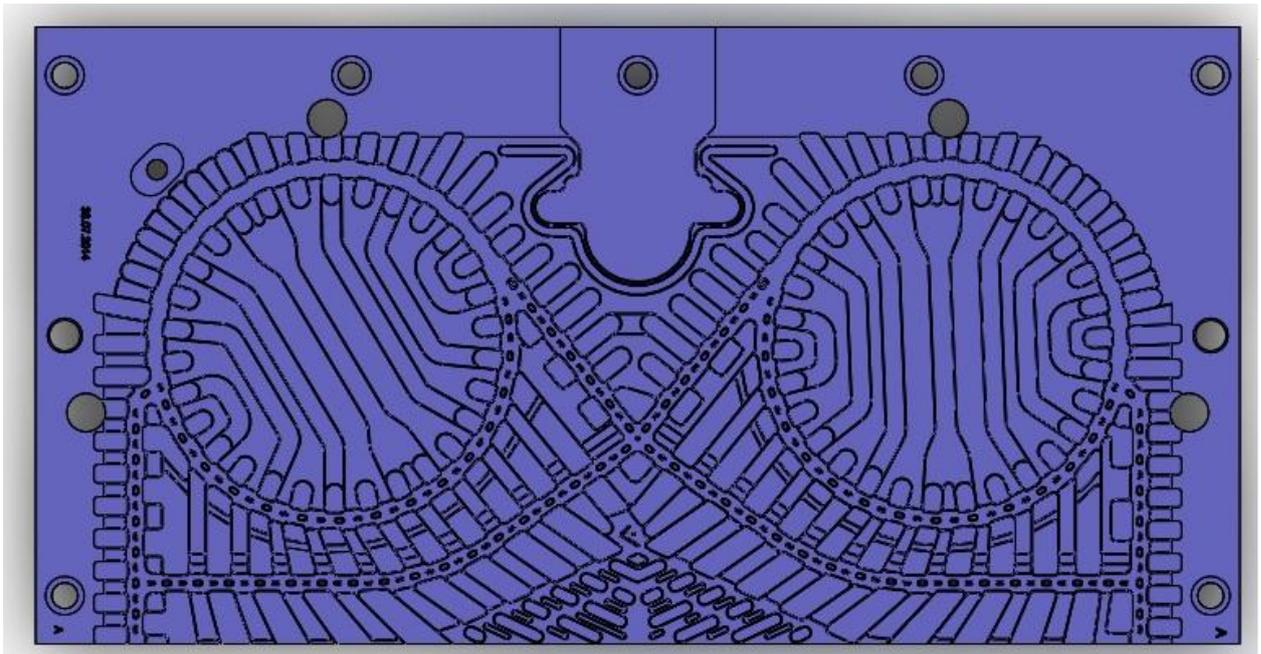


Рисунок 1. - Формообразующая матрица левая

Материал матрицы Сталь Х12МФ, твердость 57-60HRC- характерная сталь для изготовления холодных штампов

Высокая твердость определяется высоким содержанием углерода. Стали с содержанием С 1,25-1,45 % являются сталями ледебуритного класса, т.е. содержат в литом состоянии карбидную эвтектику, имеют после закалки твердость HRC 62-64.

Операция фрезерования канавок осуществляется на вертикально-фрезерном станке модели LEADWELL V 40 с максимальной скоростью вращения шпинделя 10000 об/мин, мощность привода 18,5 кВт. Инструментом для обработки канавок формообразующей матрицы (рис.1) служит концевая фреза Ø8мм из твердого сплава фирмы Hoffmann.

В производственных условиях фреза работает на режимах:

- обороты $n=800$ об/мин;
- подача $s=100$ мм/мин.

Исследование процесса фрезерования на этих режимах выявило невысокую стойкость фрез 116мин (при этом на обработку одной детали требуется 4 фрезы Ø8мм, 3 фрезы Ø10мм и др.) и высокую трудоемкость $T_{шт}=160$ часов.

В следствие этого необходим поиск новых способов фрезерования.

В настоящее время все большее внимание привлекает скоростное фрезерование(HSM). Сущность его заключается в переходе на обработку резанием с особо высокими скоростями. При достижении некоторого значения скорости температура резания начинает понижаться и процесс стружкообразования кардинально меняется:

- вместо пластического разрушения при отделении материала срезаемого слоя происходит хрупкое разрушение;
- высокая температура в контактной зоне резания понижает коэффициент трения инструмента об деталь, благодаря чему 75% произведенного тепла отводится со стружкой, 20% через инструмент и только 5% через деталь;
- появляются высокочастотные колебания технологической системы;
- из-за локализации пластической деформации сливная стружка переходит в элементарную.

Таким образом, внедрение HSM даёт сразу несколько преимуществ по сравнению с традиционной обработкой:

- увеличение удельного съема материала в единицу времени;
- повышение производительности и эффективности операции;

- повышение качества обработанной поверхности (при правильно подобранных технологических параметрах возможно получение обработанной поверхности высокого качества с $Ra < 0,5$ мкм);

- отсутствие проблем стружкодробления и т. д.

Целью наших дальнейших исследований является изучение механизма скоростного фрезерования формообразующих матриц и определение оптимальных технологических параметров этого процесса.

Литература:

1. А. Степанов. Высокоскоростное фрезерование в современном производстве// CAD/CAM/CAE observer №3.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

Гребеньков Р.В. – магистрант, Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На любой обработанной поверхности в различном проявлении имеются следы режущих кромок инструментов в виде близко расположенных друг к другу продольных и поперечных впадин и выступов. Совокупность всех микронеровностей, образующих рельеф поверхности детали, называется шероховатостью.

Величина шероховатости или микронеровностей, определяется высотой выступов и глубиной впадин и оказывает весьма существенное влияние на эксплуатационные характеристики деталей — трение, износостойчивость, прочность, антикоррозионную стойкость и т.д. В зависимости от назначения и условий работы деталей машин допускают различную шероховатость их поверхностей, и на одной и той же детали шероховатости ее различных поверхностей могут очень сильно отличаться друг от друга. Правильное назначение конструктором шероховатости обрабатываемой поверхности, соответствующей условиям работы детали, имеет огромное значение в машиностроении. При установлении требований к шероховатости поверхностей из эксплуатационных соображений следует учитывать возможность обеспечения их в процессе изготовления изделия.

Шероховатость поверхности детали образуется в направлении главного движения — движения резания вдоль обработочных рисок (продольная шероховатость) и в направлении поперечной подачи (поперечная шероховатость). Форма, размер и расположение неровностей зависят от метода обработки. Меняя метод обработки, можно изменять характер и расположение микронеровностей. Оценка класса шероховатости поверхности детали производится измерением ее в направлении наибольшего значения, т. е. поперечной шероховатости, которая обычно в несколько раз превышает продольную шероховатость.

Очевидно, что при дальнейшей магнитно-абразивной обработке изделия значение итоговой шероховатости будет зависеть от ее величины перед обработкой, от направления движения подачи, а также от времени обработки.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы, был проведен эксперимент, в котором рассматривалось изменение шероховатости стальных образцов после процесса магнитно-абразивной обработки в различных условиях. Габаритные размеры образцов составляли 20x20x15 мм.

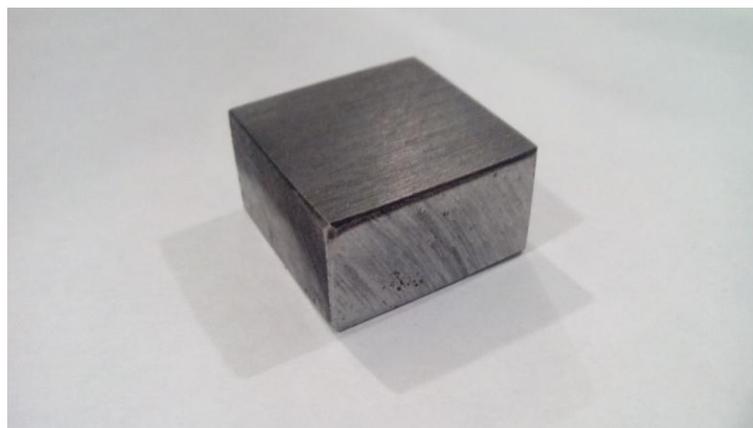


Рисунок 1 – Экспериментальный образец

Была разработана установка, приведенная на рисунке 2. В шпинделе вертикально-фрезерного станка с ЧПУ 1 установлен цилиндрический магнитный индуктор 2, на столе станка 3 установлены тиски 4 с обрабатываемой заготовкой 5.

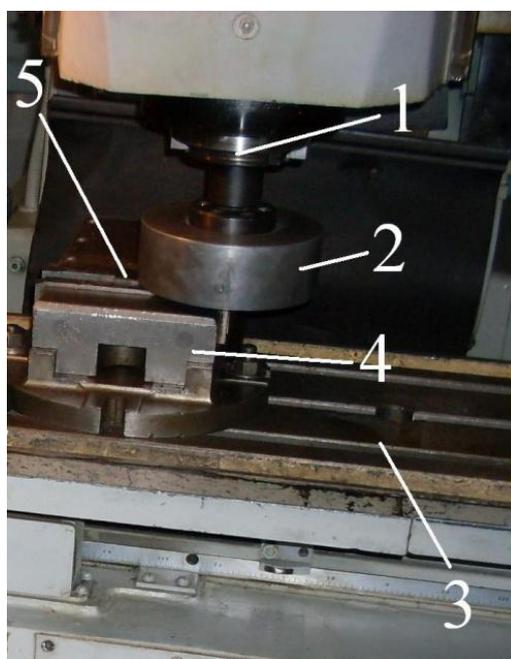


Рисунок 2 – Экспериментальная установка

В ходе проведения эксперимента первый образец обрабатывался вдоль линий шероховатости, второй – под углом 45° , а третий – поперек. Длительность обработки каждого образца составляла 4 раза по 15 секунд. После каждого этапа обработки производились замеры шероховатости на профилограф-профилометре и интерференционном микроскопе (оптическом профилометре), при этом, исходные параметры шероховатости у исследуемых образцов были одинаковые. Магнитно абразивная обработка проводилась магнитным порошком зернистостью 630/40 с частотой вращения шпинделя 200 об/мин и величиной рабочего зазора 1 мм.

В результате проведения эксперимента были получены результаты, представленные в виде графиков на рисунке 3 и в виде изображений, полученных при помощи оптического профилометра, представленных на рисунках 4 и 5.

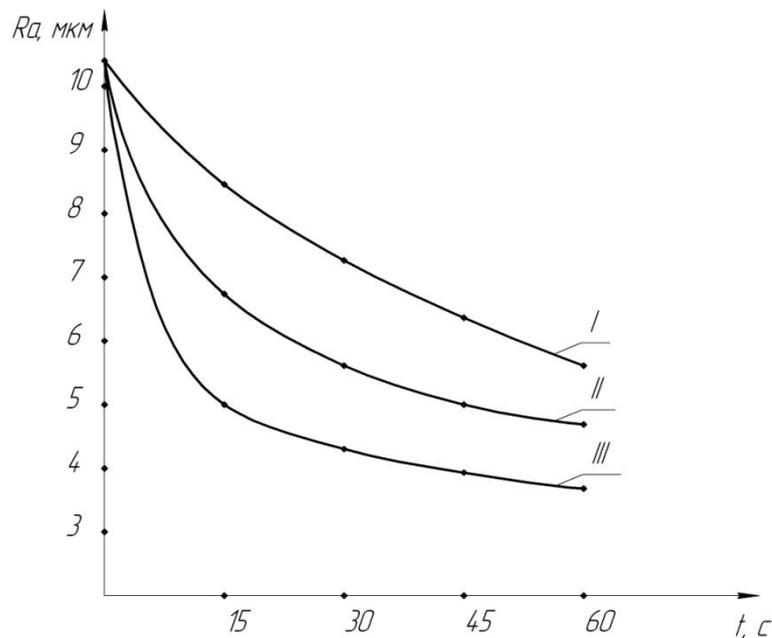


Рисунок 3 – Зависимость шероховатости обработанной поверхности от времени и направления обработки

На графиках представлены зависимости шероховатости обработанной поверхности с течением времени от траектории магнитно-абразивной обработки. I – обработка вдоль рисок шероховатости обрабатываемой поверхности образца, II – обработка поверхности под углом 45° к рискам шероховатости, III – обработка поперек рисок.

На представленных графиках видно, что при одинаковых продолжительности магнитно-абразивной обработки и режимах резания более производительной является обработка поверхности образца поперек рисок шероховатости. При этом, за суммарную продолжительность магнитно-абразивной обработки, получаемая шероховатость при продольной обработке в 1.5-2 раза выше, чем при поперечной.

На рисунках 4 и 5 представлены изображения, полученные при помощи интерференционного микроскопа для образца III, до обработки и в конце эксперимента после 60 секунд обработки соответственно.

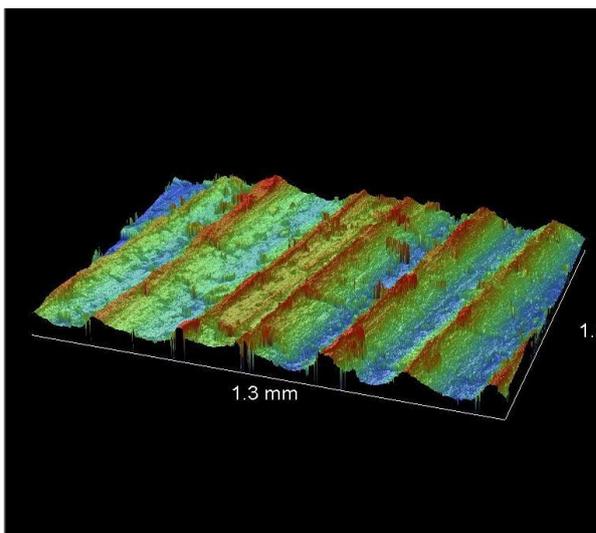


Рисунок 4 – Фрагмент обрабатываемой поверхности до процесса магнитно-абразивной обработки

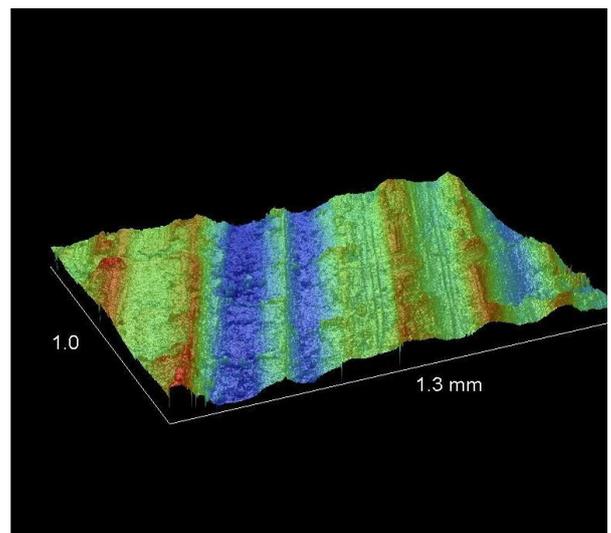


Рисунок 5 – Фрагмент обрабатываемой поверхности по истечении 60 секунд магнитно-абразивной обработки

Можно сделать окончательный вывод о том, что магнитно-абразивная обработка изделий поперек рисок исходной шероховатости является наиболее производительной, в отличие от продольной обработки и обработки под углом 45° к рискам при одинаковых начальных условиях и условиях обработки.

Список литературы

1. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 176 с.
2. Сакулевич, Ф.Ю. Основы магнитно-абразивной обработки. – Мн. Наука и техника, 1981. – 328 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННЫХ ОТВЕРСТИЙ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНЫХ ЦЕНТРАХ

Белов А.Б. – аспирант, Джиоев С.З. – магистрант, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Развитие машиностроительной промышленности в современных условиях характеризуется усилением конкуренции на мировых рынках. Основной задачей предприятий в таких условиях становится выпуск высококачественной продукции при жесткой экономии материальных и временных ресурсов.

Снижение себестоимости и повышение производительности обработки относится к основным задачам технологии машиностроения. Усложнение конструкций деталей, повышение требований к точности и качеству поверхности предполагает увеличение объема операций лезвийной обработки, среди которых операции по обработке отверстий, в том числе и находящиеся не на основной оси детали, занимают особо заметное место [1,2]. Эти отверстия обычно используются для базирования и поэтому к их поверхностям предъявляются высокие требования по параметрам точности и волнистости. Операции обработки отверстий достаточно часто выполняются на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах с использованием в качестве инструмента концевых фрез и имеют целый ряд особенностей по сравнению с обработкой других поверхностей. Обработка концевыми фрезами во многих случаях наиболее экономичный способ получения таких отверстий.

Однако, фрезерование отверстий сопровождается появлением целого ряда погрешностей, связанных как с кинематикой, так и с динамикой процесса обработки, вопросы прогнозирования которых на этапе проектирования операций в настоящее время недостаточно изучены. В этом плане математическое моделирование процессов фрезерования отверстий на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах является мощным инструментом для автоматизации проектирования операций механической обработки [3,4].

Таким образом, исследования, направленные на решение проблемы прогнозирования точности и волнистости обработанной поверхности при фрезеровании отверстий на основе математического моделирования являются актуальными.

Для практического исследования динамики фрезерования достаточно часто бывает полезным знать значение суммы сил резания F_1, F_2, \dots, F_N , приложенных к режущим кромкам инструмента, и направление вектора F равнодействующей этих сил в координатах станка [5]. Данные параметры являются основополагающими как при расчетах погрешностей размерной точности обработки, вследствие упругих перемещений технологической системы, так и при построении моделей процесса фрезерования (рис. 1)

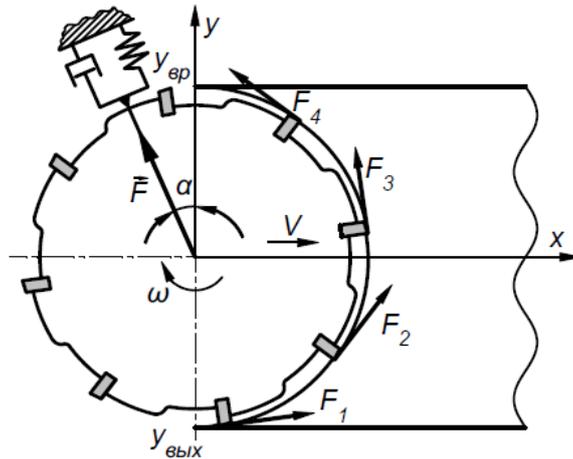


Рисунок 1 - Силовая схема процесса фрезерования

Если пренебречь крутильными колебаниями фрезы, ее вибрации вызываемые переменной силой резания, описываются дифференциальным уравнением [6]:

$$m\Delta\ddot{r} + G\Delta\dot{r} + C\Delta r = P = k_p a,$$

где m , G и C – соответственно, приведенная масса, демпфирование и жесткость;

Δr – мгновенные значения упругих отжатий фрезы по нормали к обрабатываемой поверхности;

P – нормальная составляющая силы резания;

a – толщина срезаемого слоя;

k_p – эмпирический коэффициент, который определяется характеристиками обрабатываемого и инструментального материала и параметрами режима резания.

Деформации в радиальном направлении (Δr) как бы уменьшают радиус R , по которому движется центр фрезы. Деформациями в тангенциальном направлении можно пренебречь, т.к. они мало влияют на волнистость обработанной поверхности. Для всех режущих зубьев в момент времени $i-1$ рассчитывается глубина резания a_j и сила $P_j=k_p a_j$. Суммарная сила резания: $P = \sum_j P_j$.

Глубина резания (толщина среза) рассчитывается по формуле:

$$a_j = R_d - R_{заг} = \sqrt{x_j^2 + y_j^2} - R_{заг}$$

Координаты зуба определяются по формулам с учетом поправки на уже рассчитанное отжатие Δr_{i-1} . Если значение $a_j < 0$, то соответствующий зуб фрезы не режет.

Для решения дифференциального уравнения предлагается приближенный подход, основанный на использовании частотных характеристик.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) системы преобразует колебания силы резания в изменение упругих отжатий. Для упругой системы АЧХ и ФЧХ определяются выражениями:

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(1-T^2\omega^2)^2 + (2eT\omega)^2}}; \quad \varphi(\omega) = \begin{cases} -\arctg \frac{2eT\omega}{1-T^2\omega^2}, \omega \leq \frac{1}{T} \\ -\pi - \arctg \frac{2eT\omega}{1-T^2\omega^2}, \omega > \frac{1}{T} \end{cases}$$

Радиальная составляющая силы резания разлагается в ряд Фурье:

$$P_p = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^N (a_i \cos(i\omega_1\tau) + b_i \sin(i\omega_1\tau))$$

С учетом частотных характеристик, упругие отжатия, определяющие профилограмму отверстия, рассчитываются по формуле:

$$\Delta R = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^N A(i\omega_1)(a_i \cos(i\omega_1\tau + \varphi(i\omega_1)) + b_i \sin(i\omega_1\tau + \varphi(i\omega_1)))$$

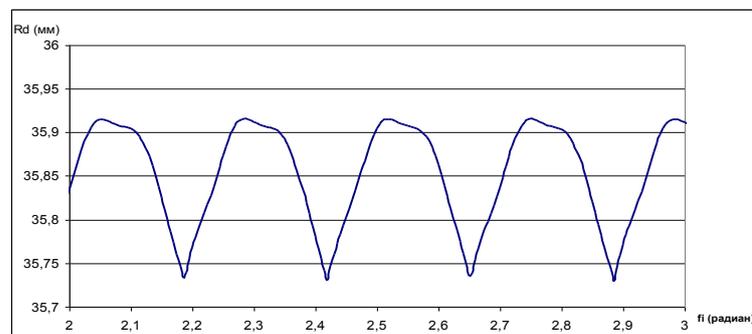
На рисунке 2а приведен пример профиля обработанной поверхности при $R=25\text{мм}$, $r=16\text{мм}$, $R_{\text{заг}}=20\text{мм}$, фреза с тремя зубьями. $\omega_1=5\text{рад/с}$, $\omega_2=50\text{рад/с}$. Параметры технологической системы: $m=0,5\text{кг}$, $G=0,05\text{нс/мм}$, $C=2000\text{н/мм}$. Коэффициент для расчета силы резания $k_p=200\text{н/мм}$. Из численного моделирования видно, что профиль обработанного отверстия имеет сложный вид и искажен колебаниями в технологической системе.

Изменение параметров технологической системы также оказывает значительное влияние на профиль обработанного отверстия. Так, например, при небольшом снижении жесткости технологической системы (например, до $C=1700\text{н/мм}$) колебания и профиль обработанного отверстия остаются практически неизменными. Однако одновременно с уменьшением жесткости обычно увеличивается приведенная масса m , что в сумме может приводить к значительным искажениям формы отверстия. На рисунке 2б показан профиль поверхности при $C=1700\text{н/мм}$ и $m=0,6\text{кг}$.

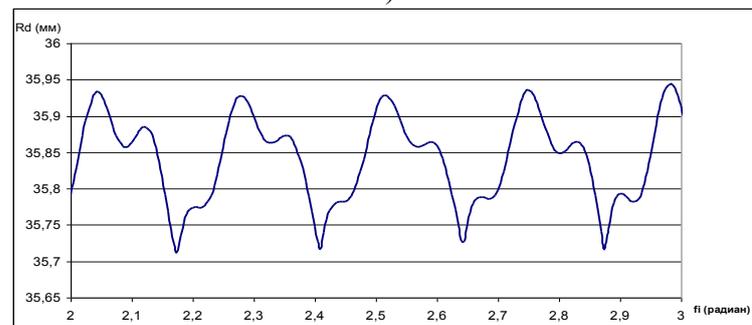
Модель формирования поверхности отверстия на основе геометрического копирования позволяет рассчитывать составляющую волнистости обработки и создает базу для создания имитационной модели, учитывающей динамические явления при фрезеровании отверстий.

Имитационная модель динамических явлений при фрезеровании дает возможность прогнозировать профиль обработанной поверхности, а по нему – определять все необходимые геометрические параметры качества.

Алгоритм проектирования операций фрезерования на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах основывается на использовании разработанной имитационной модели и позволяет произвести проверку обеспечения требований к геометрическим параметрам качества поверхности еще на этапе разработки технологического процесса.



а)



б)

Рисунок 2 – Примеры расчета профиля обработанной поверхности

Список литературы:

1. Кудинов, В.А. Динамика станков / В. А. Кудинов - М.: Машиностроение, 1967. – 360с.
 2. Дальский, А. М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин / А. М. Дальский. – М. : Машиностроение, 1975. – 224 с.
 3. Прилуцкий, В. А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей / В. А. Прилуцкий – М.: Машиностроение, 1978. - 136 с.
 4. Леонов С.Л. Основы создания имитационных технологий прецизионного формообразования/ Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006.-198 с.
 5. Суслов, А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей / А. Г. Суслов. – М. : Машиностроение, 1987. – 208 с.
- Леонов С.Л., Белов А.Б. Имитационное моделирование волнистости при фрезеровании отверстий/ «Вестник Алтайской науки»: Изд-во АлтГТУ.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Жидецкая А.С. – аспирант, Волков И. – магистрант, Балашов А.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (Барнаул)

Существующая тенденция к снижению материалоемкости выпускаемых изделий, обусловили непрерывный рост объема производства нежестких корпусных деталей высокой точности. Нежесткие корпусные детали применяются в широком классе машин. Анализ литературных источников, рабочих чертежей нежестких корпусных деталей позволил выявить наиболее характерные требования по точности, предъявляемые к данным поверхностям: отклонения формы и взаимного расположения главных поверхностей - от 5 мкм до 50 мкм; точность линейных размеров (толщина стенки) - 7 - 10 квалитеты; параметр шероховатости, R_a - 0,32 - 0,25 мкм. Достижение данных требований без использования специально разработанных способов достижения требуемой точности весьма затруднительно.

В АлтГТУ, г. Барнаул разработан способ управления показателями точности (СУПТ) фрезерования нежесткой корпусной детали [1, 2], в котором обеспечение заданных показателей волнистости, плоскостности и толщины стенки осуществляется автоматически, за счет изменения режима резания в процессе обработки. Принципиальная схема способа приведена на рисунке 1.

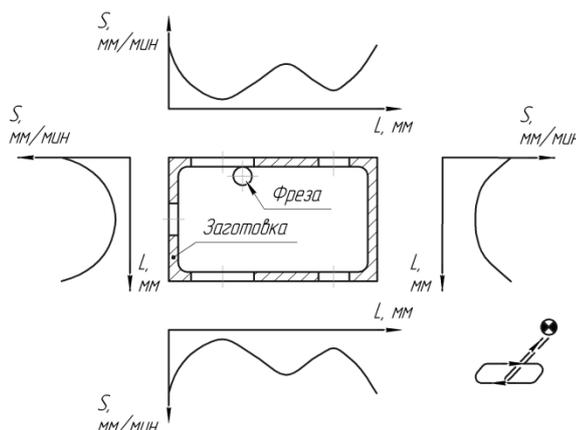


Рисунок 1 – Способ управления показателями точности фрезерования нежесткой детали
Техническое решение предусматривают возможность управление показателями точности нежесткой детали посредством управления подачей инструмента или заготовки в зависимости от положения фрезы относительно нежесткой заготовки.

Особенности технической реализации СУПТ обусловлены конструкцией объекта обработки. Приведем пример реализации СУПТ при фрезеровании нежестких стенок корпусной детали.

На рисунке 2 представлен операционный эскиз операции фрезерования пазов кронштейна.

На одном из переходов технологического процесса изготовления кронштейна фрезеруются пазы с выдерживанием размеров $5_{-0,1}$, $40^{+0,1}$, $170 \pm 0,25$, $18 \pm 0,1$ и параллельности боковых плоскостей относительно базовой поверхности – 0.15. Обработка происходит концевыми фрезами из быстрорежущей стали Р6М5 диаметром 25мм при следующих режимах резания: минутная подача $S_M=90$ мм/мин; частота вращения шпинделя $n=450$ об/мин. Обработка левой и правой плоскости паза реализуется последовательно. Базирование заготовки осуществляется по основному отверстию и торцу.

Деформации рассчитывались для трех положений фрезы, на расстоянии 0,2мм, 12,5мм и 25мм от торца при силе резания $P=113,3$ Н

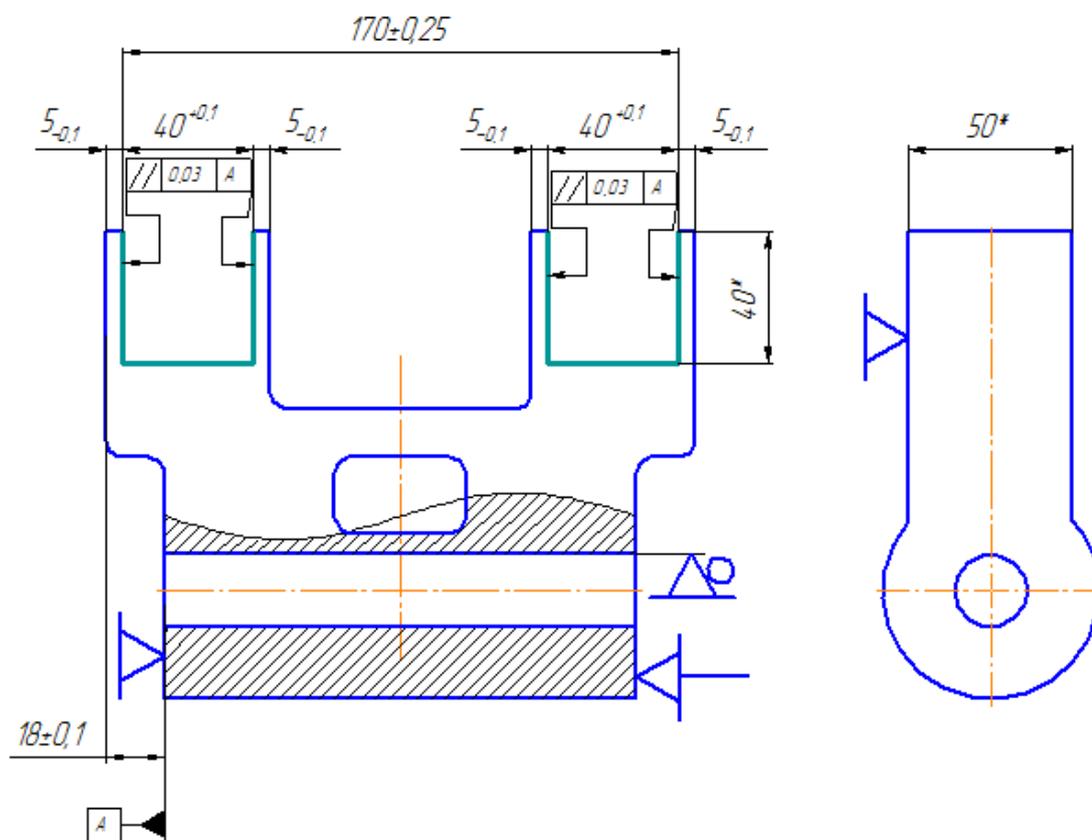


Рисунок 2 – Операционный эскиз

Прогнозирование величин деформаций нежесткого элемента заготовки в процессе его обработки обеспечивается посредством метода конечных элементов. Построение геометрической модели объекта обработки и разбиение его конечные элементы можно осуществить с помощью прикладных программ пакетов Solid Works, ANSYS, Компас и др. При визуализации результатов расчетов программа отображает характер деформации модели в масштабе, позволяющем иметь представление об их структуре, а суммарные перемещения в каждой точке тела модели и внутренние напряжения отображаются с помощью цветовых шкал (рисунок 3).

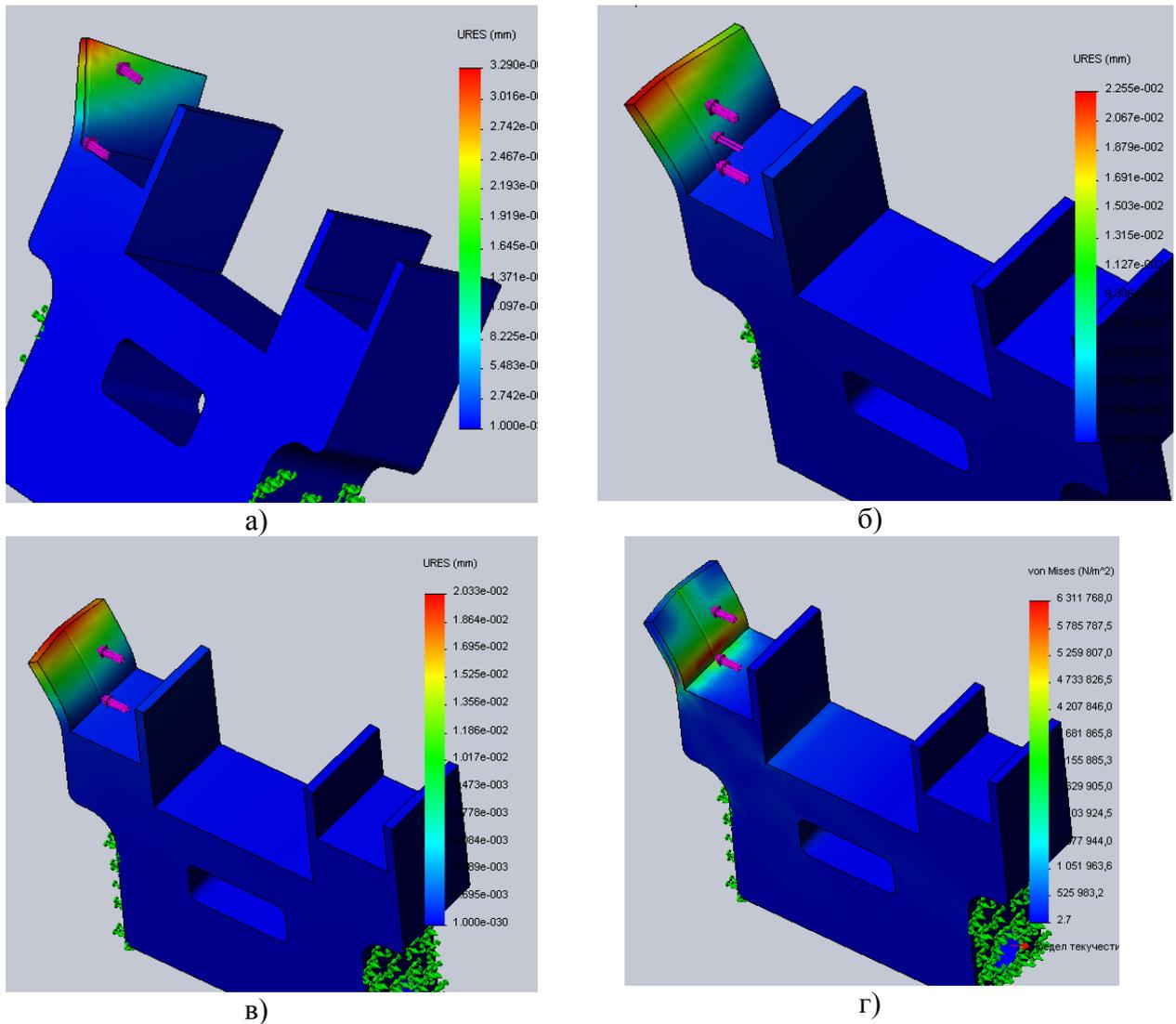


Рисунок 2 - Эпюры суммарных относительных перемещений и напряжений в среде SolidWorks

а) - деформация заготовки в первом положении фрезы; б) - деформация заготовки во втором положении фрезы; в) - деформация заготовки в третьем положении фрезы; г) - внутренние напряжения стенки

При выявленных деформациях обеспечивается параллельность нежестких плоскостей относительно базовой поверхности 0,03мм. Отклонение от профиля продольного сечения 0,011мм. Напряжения не превышают пределы пропорциональности материала детали.

На следующем этапе методики подобраны силы резания обеспечивающие равномерную деформацию. ($P_z=130H$ - в первом положении, $P_z=120H$ - во втором положении, $P_z=100H$ - в третьем положении). Исходя из найденных сил резания определена зависимость минутной подачи от положения фрезы (рисунок 3).

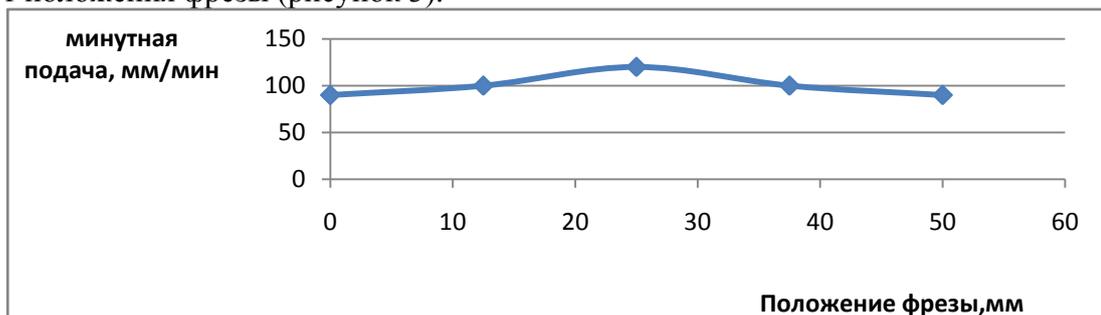


Рисунок 3 - Зависимость минутной подачи от положения фрезы

Для оценки эффективности разработанного СУПТ рассчитана трудоёмкость фрезерования пазов двумя способами: без управления подачей; с управлением подачей.

Штучно-калькуляционное время для первого способа составило $T_{шт.к}=2,44$ мин., для разработанного способа - $T_{шт.к}=2,21$ мин.

Таким образом, предлагаемый способ управления точностью обработки нежестких корпусных деталей при фрезеровании, основанный на изменении подачи в зависимости от положения фрезы относительно заготовки позволит снизить трудоёмкость фрезерования нежестких поверхностей кронштейна на 5%.

Литература

1. Балашов А.В., Татаркин Е.Ю., Черепанов А.А., Потапов И.С., Силивакин В.С. Моделирование процессов формообразование поверхностей деталей методом конечных элементов. Вестник Алтайской науки №2-2. 2013. С. 222-227.

2. Черепанов А.А., Балашов А.В., Светлова Т.Г. Совершенствование элементов технологической оснастки для обработки нежестких деталей. Ползуновский альманах. 2012. № 1. С. 223-227.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧНОСТЬЮ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИЗДЕЛИЯ 6,5 GRENDEL

Денюшин Н.С. – магистрант, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (Барнаул)

В настоящее время особо остро стоит проблема повышения эффективности действия патронов стрелкового оружия как важнейшего показателя качества. При этом надо иметь ввиду что без попадания в цель патрон теряет качество эффективности. С этим связана одна из основных характеристик – кучность боя патронов стрелкового оружия. Повышение кучности боя – одна из важнейших проблем, решаемая при проектировании и производстве патронов.

Практикой испытания патронов стрелкового оружия установлено [1-4], что существенное влияние на кучность боя оказывают не только конструктивные параметры и условия заряжания, но и технологические погрешности изготовления элементов и сборки пуль. Эти факторы могут сказываться на надежности функционирования патронов при стрельбе, определять внешнебаллистические параметры пуль и эффективность их действия по цели.

Наибольшее влияние на образование эксцентриситета масс, а соответственно и на рассеивание пуль при стрельбе, оказывает неточность изготовления пульных оболочек, в особенности наличие разностенности, определяемой допуском на толщину стенки. Разностенность формируется на этапе изготовления оболочки на операциях вытяжки.

Изделие 6,5 Grendel является новым для предприятия, поэтому влияние конструктивных параметров патрона на кучность, скорость полета пули и др. недостаточно изучены. На рисунке 1. приведен чертеж пули, при этом её параметры должны оказывать влияние на технические характеристики изделия.

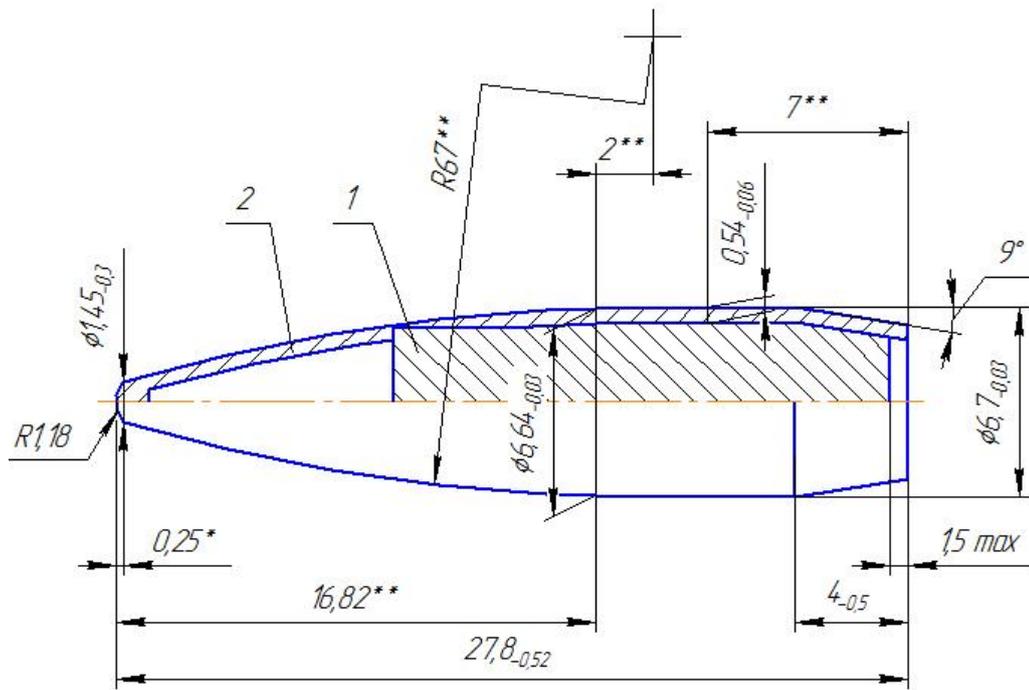


Рисунок 1 – Пуля оболочечная 6,5 Grendel

Анализ литературы [4] показал, что на основные тактико-технические характеристики изделия, такие как скорость полета пули, кучность боя, давление пороховых газов в канале ствола, влияют следующие параметры пули: разностенность оболочки (разброс толщины стенки по диаметру), биение головной части пули (отклонение от оси) и масса пули (см. Рис.1).

Изделие 6,5 Grendel является новым для предприятия, поэтому влияние конструктивных параметров патрона на кучность, скорость полета пули и др. недостаточно изучены. На рисунке 1. приведен чертеж пули, при этом её параметры должны оказывать влияние на технические характеристики изделия. Анализ литературы [4] показал, что на основные тактико-технические характеристики изделия, такие как скорость полета пули, кучность боя, давление пороховых газов в канале ствола, влияют следующие параметры пули: разностенность оболочки (разброс толщины стенки по диаметру), биение головной части пули (отклонение от оси) и масса пули (см. Рис.1).

Целью исследования является получение связи между параметрами пули, с учетом их разброса, и техническими параметрами изделия в целом.

Для достижения поставленной цели проанализируем разброс параметров пули. На рис.2 приведена гистограмма распределения массы пули. Для построения гистограммы на весах неавтоматического действия среднего класса точности 3 с максимальной нагрузкой 200 г. ГОСТ Р53228-2008 измерялись массы 100 пуль выбранных из реального технологического процесса. Статистический анализ по критериям χ^2 доказал что массы подчиняются нормальному закону распределения. Аналогичные результаты получены для разностенности оболочки и биения головной части пули.

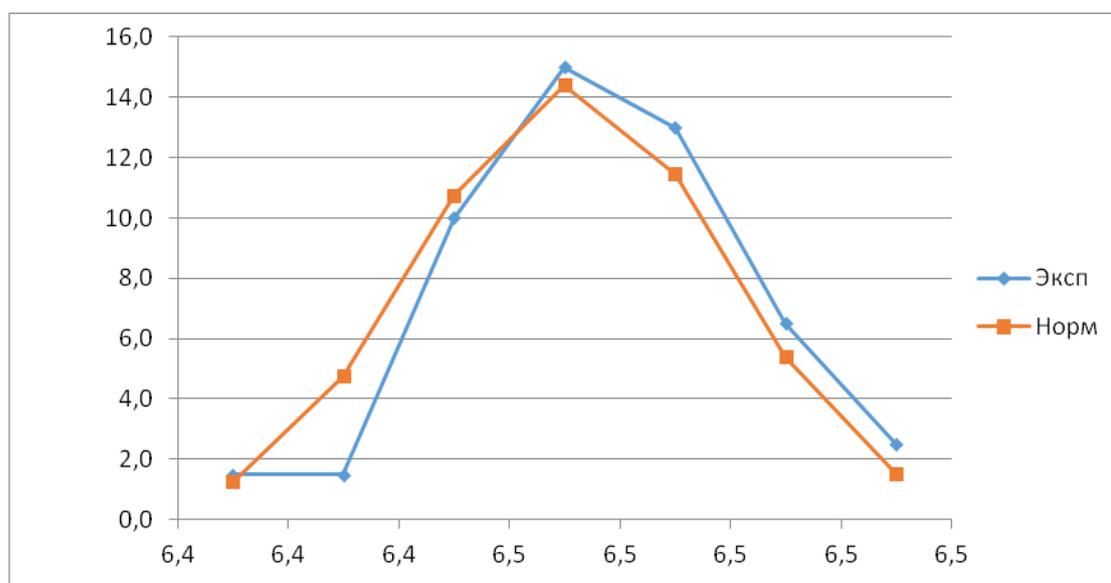


Рисунок 2 – Гистограмма распределения массы пули

Планируется патроны с отобранными пулями отстрелять на баллистическом комплексе «Prototyра-ZM» с измерением следующих параметров: кучности боя, скорости полета пули и давления пороховых газов в канале ствола. Далее с помощью статистического анализа планируется выявление регрессионных связей между параметрами пули, с учетом их разброса, и техническими характеристиками изделия измеренными на баллистическом комплексе.

Литература:

1. Г. А. Данилин, В. П. Огородников, А. Б. Заволокин. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию. – СПб.: Балт. гос. техн. ун-т. 2005. -374 с.
2. Коломийцев Л.В., Собакарь И.С, Никитюк В.Т., Сомов В.В. Патроны к стрелковому оружию. - Харьков. 2003. - 336 с.
3. Основы стрелкового оружия/ Ф.К. Бабак. – СПб.: ООО «Издательство «Полигон», 2003. – 253с.
4. Экспериментальная баллистика и полигонные испытания патронов стрелкового оружия: учеб.пособие/ Г.А.Данилин, А.С.Афанасьев, А.Б.Заволокин, Е.Н.Никулин; Балт.гос.техн.ун-т – СПб., 2007. – 205с.

КОНСТРУКТОРСКО - ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАТРОНА ПИСТОЛЕТНОГО СПОРТИВНОГО 40 S & W

Егоров А.А. – магистрант, Хоменко В.А. – д.т.н., профессор

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (Барнаул)

Боевую эффективность стрелкового оружия в значительной степени определяет патрон, так как настильность траектории, убойное, пробивное и зажигательное действие по цели полностью определяется его характеристиками.

Разработка патрона, несмотря на кажущуюся простоту конструкции, требует больших затрат времени и осуществляется, как правило, коллективом специалистов различного профиля.

Пистолетные патроны, как класс боеприпасов огнестрельного оружия, имеют ряд характерных отличий, связанных с назначением и конструкцией пистолетов:

- относительно небольшие импульс отдачи и дульная энергия, так как пистолет является оружием одной руки;
- длина патронов в пределах 25-35 мм в связи с расположением их в рукоятке пистолета;

- применение в основном так называемых «острых» быстросгорающих порохов, вследствие коротких стволов [1].

Пистолетный патрон 40 S&W представляет собой вариант пистолетного патрона 10×22, представленного фирмой Smith & Wesson для продажи в 1990 г. Обладая характеристиками близкими к патрону 11,43 мм и, имея меньшие размеры и массу, патрон прочно занял место между патронами 9×19 Luger и 45 ACP. В настоящее время является одним из наиболее популярных пистолетных патронов в мире.

Патрон 40 S&W относится к так называемым коммерческим патронам, которые не сертифицированы в Российской Федерации для стрельбы из боевого, служебного и гражданского оружия, но изготавливаемые, как правило, по зарубежным образцам с целью продажи в другие страны. Необходимо отметить, что коммерческие патроны - копии популярных зарубежных образцов, зачастую выпускаются отечественными предприятиями по собственным чертежам, отдельные размеры которых не соответствуют требованиям Постоянной международной комиссии (ПМК) Брюссельской конвенции, что приводит к большему, чем допустимо ТУ, количеству задержек при стрельбе и даже к невозможности использования патрона в отдельных образцах оружия.

В США баллистические характеристики патронов гражданского предназначения определяют и устанавливают по процедуре Sporting Arms and Ammunition Manufacturers' Institute (SAAMI).

В странах – членах Брюссельской конвенции баллистические характеристики патронов гражданского предназначения определяют и устанавливают по процедуре Commission Internationale permanente Pour l' Epreuve des Armes a Feu portatives (C.I.P.) или (ПМК).

(C.I.P.) является международной организацией, членами которой являются 14 государств, в основном европейских.

В России на данный момент только тульский патронный завод (ТПЗ) изготавливает патрон 10×22 (40 S&W).

Вот некоторые характеристики, которые заявлены для патрона 40 S&W Тульским патронным заводом: патрон пистолетный спортивный 40 S&W применяется для спортивно-тренировочных стрельб из пистолетов в тирах и на стрельбищах. Не теряет своих свойств при использовании в различных климатических и метеорологических условиях независимо от времени года и при температуре от 50 до -50 ° С.

Приёмо-сдаточные испытания производятся из моделей оружия: Glock 22, H&K, Walther. Соответствует требованиям C.I.P.

Патрон фиксируется при досылке в патронник упором дульца гильзы в уступ патронника.

Гильза имеет цилиндрическую форму с не выступающим фланцем, стальная с полимерным покрытием.

Пуля двухэлементная: полная биметаллическая оболочка и свинцовый сердечник. Капсюль типа «Боксер» неоржавляющий.

Таблица Постоянной международной комиссии (ПМК) для патрона пистолетного спортивного 40 S&W приведена на рисунке 1.

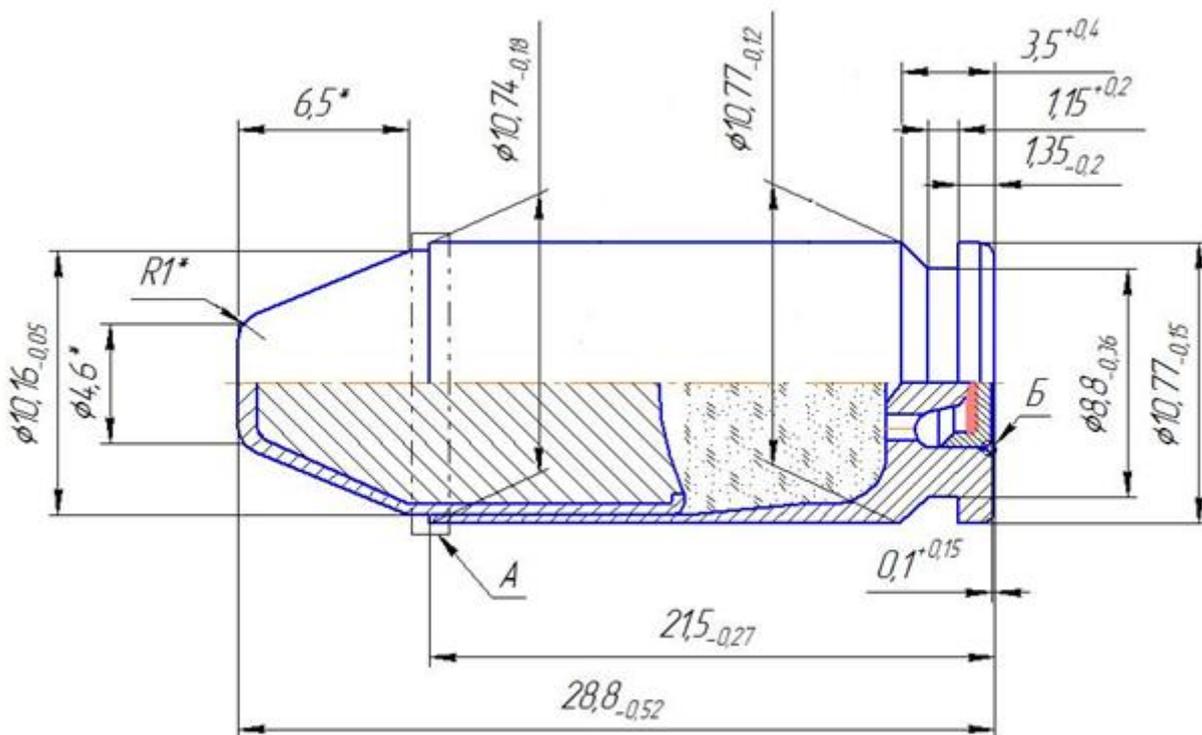


Рисунок 2 – Патрон пистолетный спортивный 40 S & W.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пистолетные и снайперские патроны. Гранатомётные выстрелы. Учебное пособие. – Тула: Инфа, 2008. – 120 стр.
2. Производство патронов стрелкового оружия / А.Н. Малов: Государственное издание оборонной промышленности. Москва, 1947. – 405 стр.
3. Технология производства патронов стрелкового оружия. Ч.2. процессы штамповки / Н.П. Агеев, Г.А. Данилин, В.П. Огородников: Балт. гос. техн. ун-т – СПб., 2006. – 533 стр.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ТОРЦОВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Горин Е.Ю. – аспирант, Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент, Огневенко Е.С. – к.т.н.
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

При фрезеровании доминирующим колебательным элементом системы является инструмент. При этом вибрации торцовых фрез оказывают негативное воздействие на процесс фрезерования: вызывают износ и разрушение режущих кромок, снижается стойкость и долговечность оборудования процесса фрезерования, ухудшается качество обрабатываемой поверхности.

Наиболее эффективным способом борьбы с вибрациями является регулирование жёсткости и демпфирующей способности всех элементов динамической системы. В данном случае для регулирования жёсткости и демпфирующей способности торцовой фрезы используются резиновые и стальные вставки (демпфирующие элементы), количество которых может изменяться в зависимости от требуемых условий резания и значений собственной частоты режущего инструмента. Главным преимуществом такого способа является его широкая универсальность и, как следствие, возможность его применения не только для фрез, но и для других видов режущего инструмента.

Для подтверждения возможности реализации механизма регулирования жесткости процесса фрезерования при использовании торцовых фрез с демпфирующими элементами необходимо провести сравнение демпфирующей способности и АЧХ [1].

Поэтому перейдем к описанию процесса колебаний торцовых фрез с демпфирующими элементами.

В исследуемой конструкции торцовой фрезы (рисунок 1) используются резиновые и стальные вставки (демпфирующие элементы).

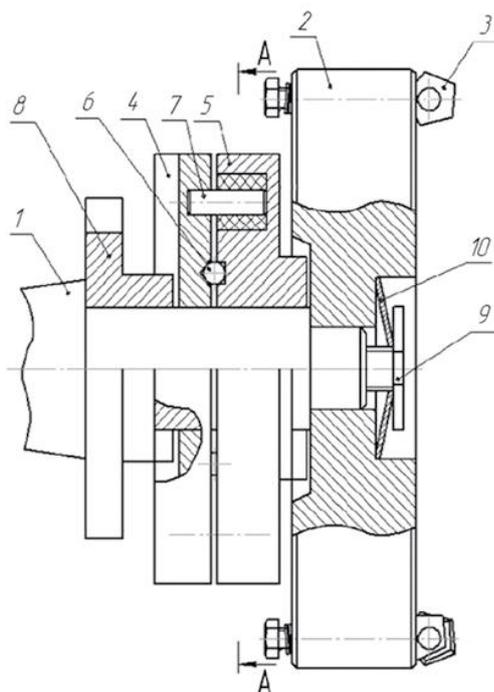


Рисунок 1. – Сборная торцовая фреза с демпфирующими элементами:

1 – оправка; 2 – фреза торцовая; 3 – режущие пластины; 4 – верхнее кольцо узла демпфирования; 5 – нижнее кольцо узла демпфирования; 6 – стальные шарики; 7 – штифт с резиновой вставкой (демпфирующий элемент); 8 – поводок; 9 – винт; 10 – пружинная шайба.

В нашем случае рассматривается технологическая система, колебания которой можно с достаточной для практических целей точностью описать уравнением:

$$J_m \ddot{\varphi} + G \dot{\varphi} + C \varphi = M_c, \text{ Н}\cdot\text{м}, \text{ где } J_m - \text{приведенный момент инерции, кН}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2;$$

G – коэффициент демпфирования, Н·с/м; C – жесткость кН/м[3].

Воспользуемся передаточной функцией системы, которая представляет собой отношение преобразования Лапласа выходной величины к преобразованию Лапласа входной величины при нулевых начальных условиях. Передаточная функция упругой системы будет

иметь вид: $W(s) = \frac{1}{J_m s^2 + Gs + C}$, при этом переходная характеристика системы имеет

вид: $A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(\lambda^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}$, где $2\delta = \frac{G}{J_m}$ – логарифмический декремент; G , Н·с/м

– демпфирование фрезы; $\lambda = \sqrt{\frac{C}{J_m}}$ – критический коэффициент демпфирования; $k = \frac{H}{J_m}$;

Н, Дб – амплитуда колебаний относительно среднего значения; $C = \frac{G_{сд} J_p}{l}$, кН/м–

жесткость фрезы; $J_p = \frac{\pi d^4}{32}$, м^4 – полярный момент инерции поперечного сечения;

$J_M = l \frac{\pi d^4}{32} * \frac{\rho}{g}$, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$ – приведенный момент инерции [3].

Логарифмический декремент колебаний определялся экспериментально по методике, изложенной в работе [2]. Для этого в статическом состоянии по инструменту наносился удар. Одновременно регистрировались свободные колебания фрезы с помощью пьезокерамического датчика, установленного на поверхности инструмента.

В результате эксперимента удалось рассчитать декремент колебаний для двух вариантов демпфирующих элементов специальной торцевой фрезы, изготовленных из резины и стали 45. Декремент колебаний у фрезы с резиновыми демпфирующими элементами почти вдвое больше чем (0,762), у фрезы со стальными вставками (0,405).

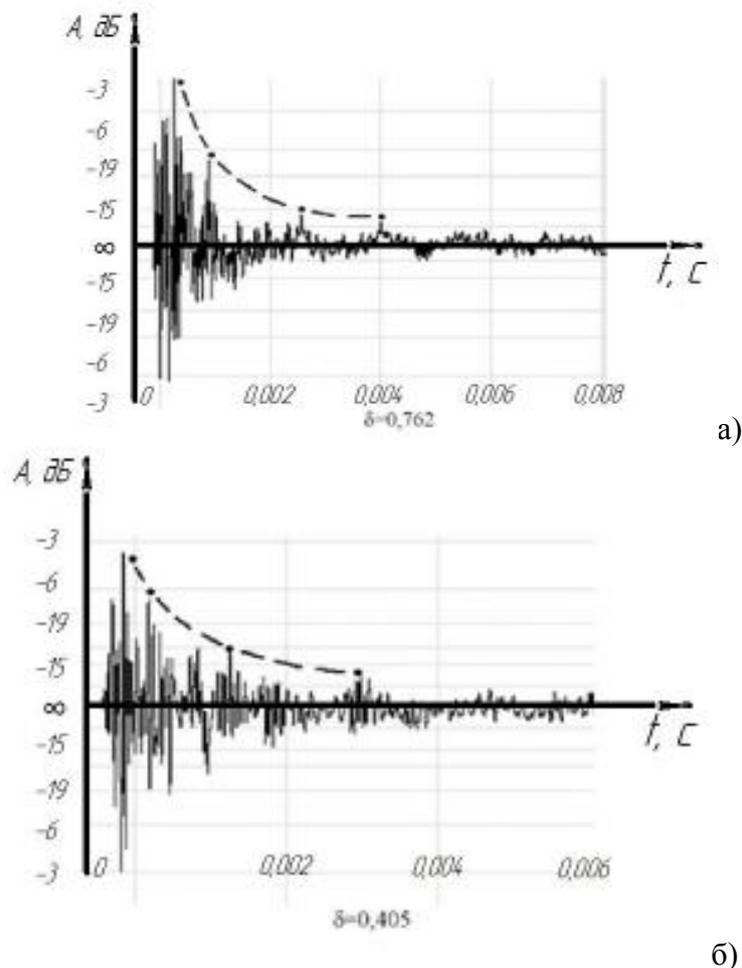


Рисунок 2 – Осциллограммы затухающих колебаний фрезы с резиновыми вставками (а) и стальными вставками (б)

В результате были получены два варианта АЧХ технологических систем при торцевом фрезеровании, соответствующие демпфирующим элементам из резины и стали.

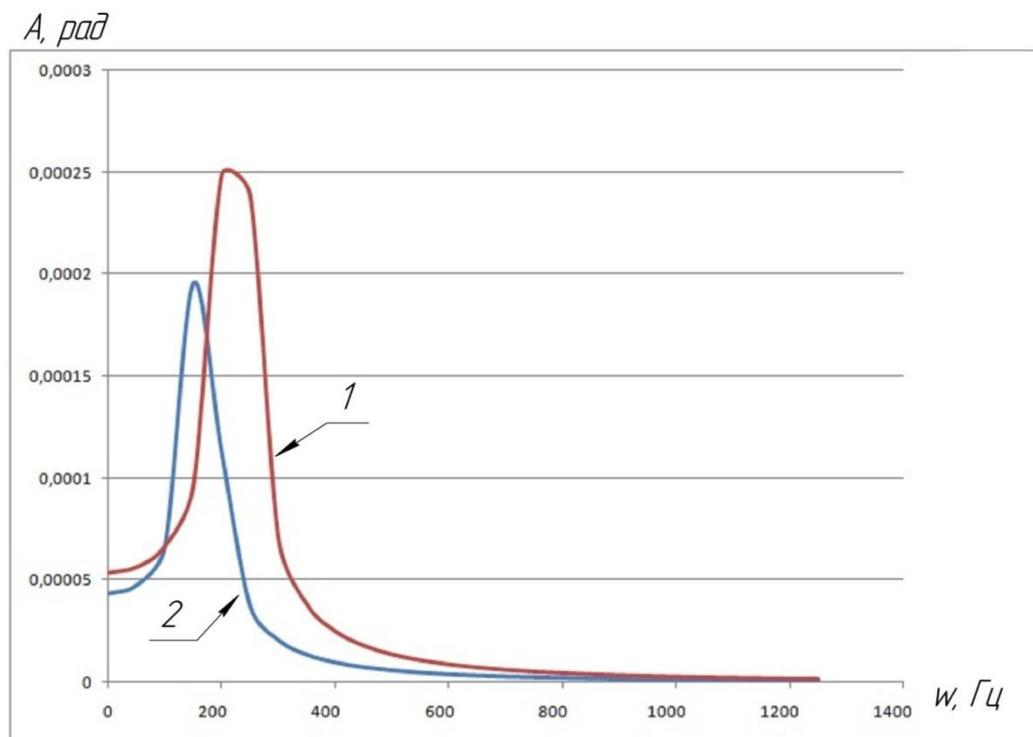


Рисунок 3 – Сравнение АЧХ технологических систем:

- 1 – АЧХ фрезы со стальными вставками
- 2 – АЧХ фрезы с резиновыми вставками

Выводы:

При использовании резиновых демпфирующих элементов амплитуда колебаний уменьшается, что связано, в первую очередь с увеличением коэффициента демпфирования и декремента колебаний.

Собственная (резонансная) частота колебаний инструмента смещается в сторону меньших частот. Это связано, главным образом, с уменьшением колеблющейся части инструмента, т.е. с уменьшением приведенного момента инерции. Данный результат дает отрицательный эффект, т.к. возмущающая сила, вызывающая колебания инструмента, при частоте вращения (5000 об/мин) может привести к возникновению резонанса и резкому увеличению амплитуды колебаний. Однако, на меньших скоростях резания, наиболее часто используемых при металлообработке, амплитуда колебаний будет значительно (на 15-25%) меньше, чем у фрезы стандартной конструкции.

Литература

1. Жарков, И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом [Текст] / И. Г. Жарков. – Л. : Машиностроение, 1986. – 184 с. : ил.
2. Кряжев Ю.А., Огневенко Е.С. Исследование колебательных процессов, возникающих при работе спирального сверла, с применением анализа акустического сигнала. «Технология машиностроения», - 2008.- №1 - С.28-29.
3. Левитский Н.И. Колебания в механизмах: Учебное пособие вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 336с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПАТРОНА 40S&W

Другов А.В. – студент, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В последние годы растет популярность пистолетного патрона .40 S&W (.40 Smith & Wesson, 10×22 мм Смит и Вессон). Он имеет ряд преимуществ перед 9 миллиметровым патроном, достаточно меткую стрельбу при большой мощности. Кроме того пуля производит при попадании мощное останавливающее действие в сочетании с минимально возможной отдачей. В соответствии со служебным назначением к патрону предъявляются следующие основные условия, указанные в таблице 1.

При контроле геометрических размеров патронов и их составных частей применяют следующие средства измерения:

- нерегулируемые предельные калибры: салазки, пробки, кольца, скобы;
- калибры со сторонами Б и М (проходные - ПР непроходные - НЕ). Размеры стороны Б должны быть близкими к границе верхнего предельного отклонения, контролируемого размера изделия, стороны М - близкими к границе нижнего предельного отклонения размера;

Таблица 1

Наименование параметра	Норма
1. Конфигурация патрон	Должна удовлетворять камере
2. Длина патрона, мм	28,8 _{-0,52}
3. Глубина посадки капсюля, мм	0,1 ^{+0,15}
4. Высота фланца, мм	1,35 _{-0,2}
5. Диаметр фланца, мм	10,77 _{-0,15}
6. Диаметр корпуса у проточки, мм	10,77 _{-0,12}
7. Диаметр проточки, мм	8,8 _{-0,36}
8. Ширина цилиндрической части проточки, мм	1,15 ^{+0,2}
9. Высота проточки, мм	3,5 ^{+0,4}
10. Диаметр у среза, мм	10,74 _{-0,18}
11. Высота конуса головной части пули, мм	6,5 ^{+0,25}
12. Диаметр ведущей части пули, мм	10,16 _{-0,05}
13. Длина пули, мм	17,16 _{-0,3}
14. Диаметр капсюльного гнезда, мм	4,94 ^{+0,05}
15. Глубина до вершины наковальни гильзы, мм	0,95 ^{+0,1}
16. Диаметр запального отверстия, мм	1 ^{+0,27}
17. Длина гильзы, мм	21,5 _{-0,27}

- шаблоны профильные;
- микрометры со специальными вставками.

Измерение геометрических размеров патронов и их составных частей производят под действием силы тяжести инструмента или изделия, или при усилии не более 5,0 Н (0,5 кгс). Контроль патронов допускными калибрами и приборами осуществляют только в случае, когда при использовании основных калибров и приборов по данному размеру получен отрицательный результат.

Автоматический контроль параметров предметов обработки осуществляется в контрольных роторах, являющихся частью единого комплекса устройств автоматического управления роторной линией, предназначенного для автоматического поддержания заданных параметров технологического процесса изготовления изделий в линии. Комплекс состоит из: роторов контроля с датчиками для контроля определенных параметров предмета обработки (длины, диаметра, массы, формы и т. п.) и отдельных датчиков для контроля состояния линии, вырабатывающих управляющий сигнал на включение

исполнительных или сигнальных устройств; преобразующих устройств, осуществляющих преобразование управляющего сигнала в исполнительный импульс; исполнительных устройств, изменяющих ход технологического процесса или состояние линии (остановку линии, отказ от питания, сброс бракованных изделий, замену инструментальных блоков и т. п.) при подаче исполнительного импульса; сигнальных устройств, сигнализирующих об изменении хода технологического процесса или состояния автоматической линии или предупреждающих о возможном нарушении работы линии. Именно в автоматических линиях с непосредственной передачей предметов обработки с операции на операцию, в частности в роторных линиях, автоматический контроль из пассивного средства отбраковки некондиционных изделий превращается в активное средство управления и регулирования технологического процесса изготовления изделий.

Существующие средства контроля геометрии изделий не отвечают современным требованиям. Используемые основные и допусковые калибры и приборы универсального измерительного инструмента имеют:

- низкую производительность;
- высокую трудоемкость для осуществления измерений необходимо иметь определенный штат персонала;
- затраты на изготовление или ремонт при выходе из строя, поломке;
- затраты на хранение и упорядочивание.

Автоматический контроль геометрических параметров патрона и его составных частей, осуществляемый на контрольных роторах при помощи электроконтактных датчиков также имеют ограничения:

- запасы новых датчиков истощены;
- производство датчиков давно прекращено;
- повышенные затраты на ремонт, обслуживание;
- отсутствие возможности сохранить сигнал на длительное время и ведения автоматически статистику.

Конкуренция товаров и услуг как внутри страны, так и на мировом рынке заставила многих российских производителей обратиться к статистическим методам управления производством и контроля качества выпускаемой продукции, давно получившим широкое признание во всех промышленно развитых странах.

Характер рассеяния размеров продукции по сигналам контролирующего датчика определяется воздействием случайных и систематических факторов. Случайные погрешности вызываются влиянием факторов, которые носят случайный характер. К ним относят погрешности базирования изделия на измерительной позиции в контрольных устройствах, механические загрязнения изделий и опорных поверхностей (забрызгивание, попадание инородных предметов), химические и тепловые (нагрев охлаждение), воздействие соседних аппаратов. Систематические погрешности имеют как постоянный, так и переменный характер, но подчиняются определенным закономерностям. Эта группа включает погрешности наработки измерительных устройств, динамические воздействия (вибрацию, удары, изменение скоростей), для выявления закономерности погрешностей, возникающих при обработке заготовок, пользуются методами математической статистики.

На рисунке 1 приведены результаты статистических исследований диаметра пули .45AUTO размером $\text{Ø}11,44_{-0,04}^{+0,01}$ мм. Выборка изделий составила 486 штук. Измерения производились микрометром МК25-1 ГОСТ 6507-90. Полученные результаты обрабатывались с помощью программы «Статистики» разработанной на кафедре Технологии машиностроение АлтГТУ. Как видно из графиков поле рассеивания находится в диапазоне 11,41-11,46мм., в то время как допускаемые размеры анализируемого параметра находятся в диапазоне 11,43-11,48мм.

Проверка принадлежности выборки нормальному закону распределения									
Массив наблюдений X:							Amin=	11,43	
11,43							Amax=	11,48	
11,41	Xmin=	11,4100	Количество:	486					
11,41	Xmax=	11,4600					БРАК:	39,81%	
11,41	Xср=	11,4332					БРАК-	39,80%	
11,41	sigma=	0,0123					БРАК+	0,01%	
11,46	Колич.интервалов k:	6					h=0,008333		
11,46	Пересчет таблицы: Ctrl-a								
11,46	Хлев	Хправ	Хс	m	fэксп	fнорм	(экс-норм) ² /норм		
11,46	11,4100	11,4183	11,4142	31	7,654321	9,791792	0,466593		
11,46	11,4183	11,4267	11,4225	89	21,975309	22,282677	0,004240		
11,43	11,4267	11,4350	11,4308	159	39,259259	31,950634	1,671829		
11,44	11,4350	11,4433	11,4392	141	34,814815	28,866793	1,225594		
11,43	11,4433	11,4517	11,4475	34	8,395062	16,433290	3,931843		
11,44	11,4517	11,4600	11,4558	1	0,246914	5,894642	5,411158		
11,43							ХИ2=	51,48058889	
11,43							ХИ2(a,k-3)=	7,814727903	
11,43						Нормальный закон		не подтвержден	

Диаметр пули	Фактический закон	Нормальный закон
11,41	8	10
11,42	22	22
11,43	40	32
11,44	35	29
11,45	8	16
11,46	0	6

Рисунок 1. Распределение размеров диаметра пули .45АУТО.

Сравнение значений поля допуска и поля рассеяния контролируемого размера показывает, что по абсолютной величине они совпадают, но поля рассеяния размеров значительно смещен относительно поля допуска T_i . Это является причиной такого большого брака по «минусу» и указывает на необходимость подналадки рабочего ротора. Приведенный пример показывает, насколько информативными являются статистические методы контроля точности размеров.

Однако при внедрении статистических методов в массовом автоматизированном производстве, оснащенном автоматическими роторными линиями с производительностью несколько сот изделий в минуту, примером, которого является патронно-гильзовое производство, остро проявляется противоречие между современной техникой и приведенными методами контроля. Одним из путей разрешения этого противоречия является использование методов управления качеством продукции массового и крупносерийного производства на основе широкого применения современной вычислительной техники, открывающей новые возможности использования имитационного моделирования для поиска оптимальных планов контроля.

Литература

1. Прейс В.В. Технологические роторные машины вчера, сегодня, завтра – М.: Машиностроение, 1986. – 128 с.

2. Клусов И.А., Волков Н.В., Золотухин В.И., Лукаш А.Н., Сафарянц А.Р., Фролович Е.Н. Автоматические роторные линии – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЕМ НА ЧИСТОВЫХ ОПЕРАЦИЯХ

Юнин А.А. – магистрант, Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор,

Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент, Огневенко Е.С. – к.т.н.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

Одной из самых актуальных проблем в машиностроении является обеспечение качества поверхности деталей. Особенно остро эта проблема стоит при обработке плоских поверхностей направляющих лотков для зерна, используемых в сепараторах. Для обеспечения заданной толщины сортируемого продукта на выходе, необходимо обеспечить качество поверхности по параметру шероховатости Ra равному 0,32 мкм и ниже.

Как правило, направляющие лотки изготавливаются методом экструзии из алюминиевого сплава АД-35 с последующим анодированием. При этом, нанесенное покрытие практически полностью повторяет микрорельеф поверхности, поэтому качественную поверхность необходимо получить до нанесения покрытия. Перед механической обработкой качество поверхности по параметру Ra находится в пределах 1,25...2,5 мкм. В общем случае получить поверхность заданного качества можно в четыре операции (таблица 1).

Таблица 1 – Технологический процесс обработки согласно рекомендациям [1].

№ операции	Наименование операции	Инструмент	Частота вращения (при диаметре шлифовального диска 150 мм), об/мин	Шероховатость поверхности Ra, мкм	
				до обработки	после обработки
1	Шлифование	Абразив зернистостью 12-8 (ГОСТ 3647-80)	2000	1,25-2,5	0,8-1,25
2	Предварительное (черновое) полирование	Абразив зернистостью 6-4 (ГОСТ 3647-80)	2000	0,8-1,25	0,63-0,8
3	Окончательное полирование	Абразив зернистостью М20-М28 (ГОСТ 3647-80)	3000	0,63-0,8	0,32-0,63
4	Чистовое полирование	Абразив зернистостью М10 (ГОСТ 3647-80)	3000	0,32-0,63	0,16-0,32
5	Анодирование	-	-	-	-
6	Контроль качества	Профилометр	-	-	-

В целях снижения трудоемкости и себестоимости обработки предлагается использовать метод иглофрезерования. Основным преимуществом данного метода является низкая себестоимость обработки благодаря незначительным затратам на изготовление и эксплуатацию режущего инструмента [2].

Как было установлено в ходе исследований [3] параметр шероховатости Ra тесно коррелирует с параметрами акустической эмиссии при механической обработке. Поэтому для обеспечения высоких параметров качества на этапе чистовой обработки предлагается использовать метод акустической эмиссии для активного контроля. Ранее проведенные исследования показали высокую информативность метода акустической эмиссии в целях диагностирования состояния инструмента при сверлении и контроля качества поверхности при иглофрезеровании [4, 5, 6].

Таблица 2 – Технологический процесс обработки с применением метода иглофрезерования и системы активного контроля.

№ операции	Наименование операции	Инструмент	Частота вращения (при диаметре шлифовального диска 150 мм), об/мин	Шероховатость поверхности Ra, мкм	
				до обработки	после обработки
1	Иглофрезерование	Иглофреза	1500	1,25-2,5	0,63-0,8
2	Предварительное (черновое) полирование	Абразив зернистостью М20-М28 (ГОСТ 3647-80)	2000	0,63-0,8	0,32-0,63
3	Чистовое полирование	Абразив зернистостью М10 (ГОСТ 3647-80)	3000	0,32-0,63	0,16-0,32
4	Анодирование	-	-	-	-
5	Контроль качества	Профилометр	-	-	-

Применение иглофрезерования и системы активного контроля шероховатости поверхности, основанной на методе акустической эмиссии, позволило обеспечить получение заданного качества поверхности в три операции механической обработки. Техническая норма времени на механическую обработку плоской поверхности лотков уменьшилось на 35%, при этом себестоимость обработки снизилась на 20%.

1. Космачев, И.Г. Отделочные операции в машиностроении [Текст] / И.Г. Космачев, В.Н. Дугин, Б.А. Немцев. – Санкт-Петербург: Лениздат, 1985. – 248 с. : ил.

2. Ковшов, А. Н. Нетрадиционные методы обработки материалов [Текст] / А.Н. Ковшов, Ю.Ф. Назаров, В.М. Ярославцев. – М : МГОУ, 2007. – 211 с.

3. Барзов, А. А. Эмиссионная технологическая диагностика. Библиотека технолога [текст] / А. А. Барзов. – М. : Машиностроение, 2005. – 384с. : ил.

4. Кряжев, Ю.А. Разработка устройства для диагностирования состояния режущего инструмента при металлообработке [Электронный ресурс] / Ю.А. Кряжев, Е.С. Огневенко, А.Ю. Кряжев, О.О. Новиков, В.С. Афонин // Наука и молодежь – 2013 : 10-я Всероссийская науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Барнаул, АлтГТУ, апрель 2013 г.) Режим доступа: http://edu.secna.ru/media/f/otm_sod_2013.pdf

5. Татаркин, Е.Ю. Прогнозирование шероховатости при иглофрезеровании методом акустической эмиссии [Текст] / Е.Ю. Татаркин, Ю.А. Кряжев, Е.С. Огневенко, А.Ю. Кряжев // Вестник Алтайской науки. – 2013 №2-1. – с. 30 – 33.

6. Татаркин, Е.Ю. Разработка измерительного комплекса для диагностирования качества обработанной поверхности при металлообработке [Текст] / Е.Ю. Татаркин, Ю.А. Кряжев, Е.С. Огневенко, А.Ю. Кряжев // Обработка металлов. – 2014. – №2. – С. 39 – 45.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ КОПУСА РАСПЫЛИТЕЛЯ ФОРСУНКИ

Жуков Э.А. – магистрант, Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Корпус распылителя является ответственной деталью топливной аппаратуры, предназначенной для дозированной подачи топлива, его распыления в камере сгорания и образования топливно-воздушной смеси. Характеризуется он высокими требованиями к точности размеров и отклонениям формы. Особые требования предъявляются к обработке центрального глубокого отверстия диаметром $\varnothing 4,4$ мм (рисунок 1 поверхность 1).

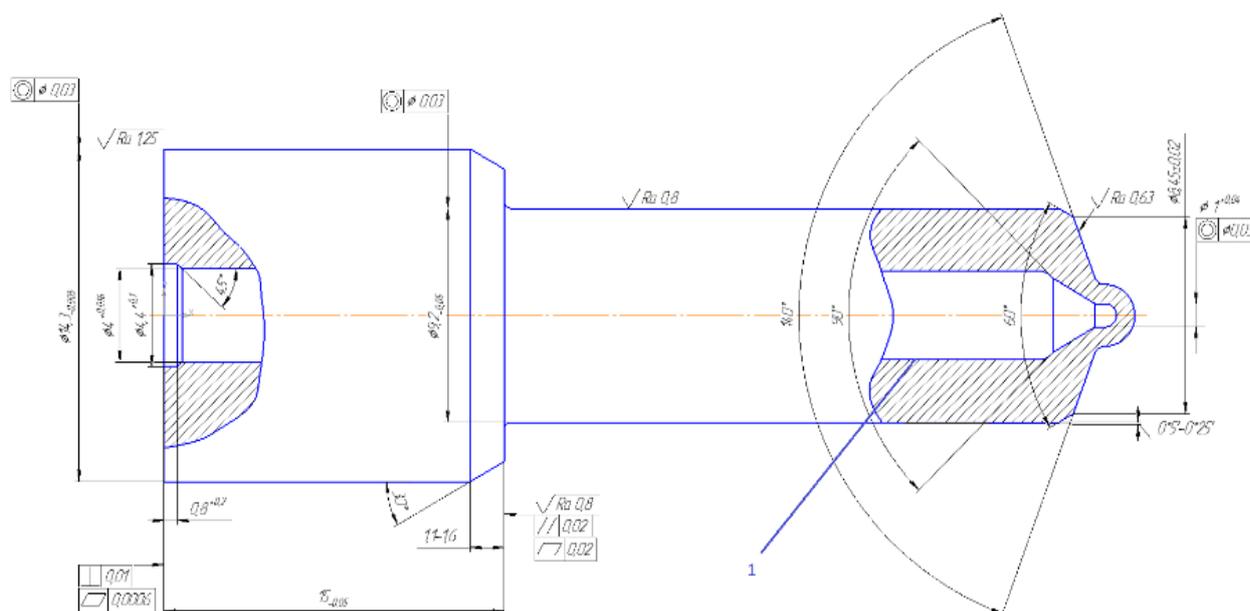


Рисунок 1 – Корпус распылителя

На дизельную топливную аппаратуру приходится более половины неисправностей по причине плохой работы форсунки. Она несёт на себе основную эксплуатационную нагрузку. Поэтому к её изготовлению предъявляются высокие требования, от которых зависит надёжность и эффективность работы двигателя в целом.

Повышение точности и качества обработки внутреннего отверстия распылителя, относится к одной из тенденций повышения надёжности форсунки.

Особое внимание уделяется наиболее слабому узлу форсунки – распылителю. Именно он работает в тяжёлых условиях: претерпевает большие ударные нагрузки, высокие температуры агрессивную среду. Из-за того, что игла совершает возвратно-поступательное движения, а распылитель непосредственно контактирует с камерой сгорания. Вследствие этого происходит изменение формы корпуса и иглы в процессе эксплуатации.

Обработка центрального отверстия проводится на шлифовальных станках UVA шведского производства с использованием абразивных шлифовальных головок (рисунок 2).

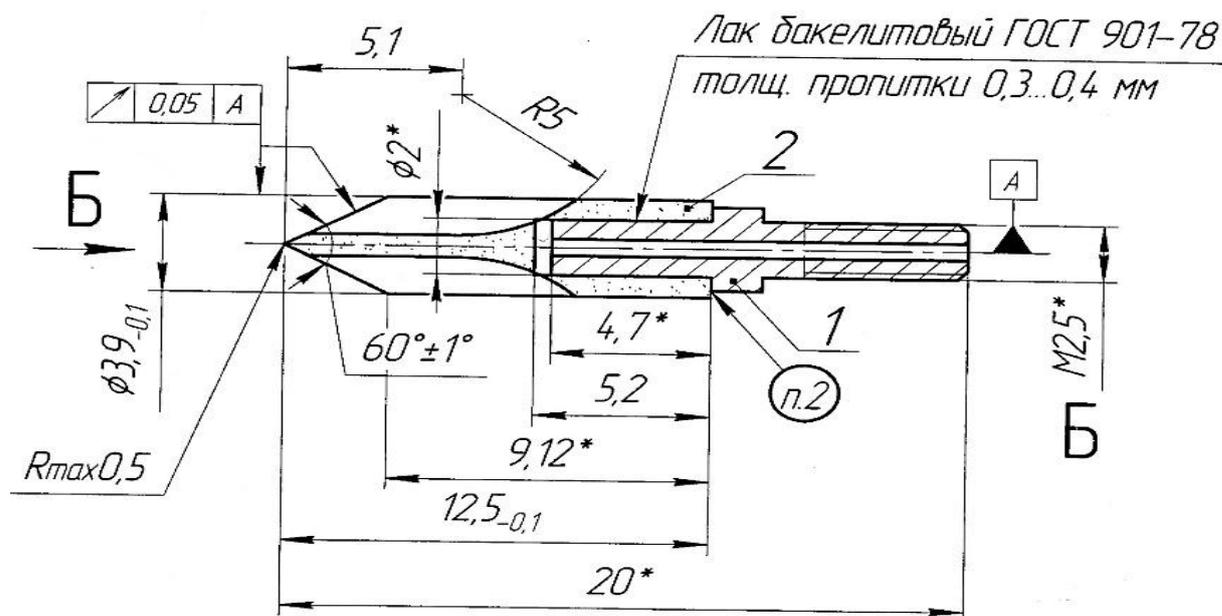


Рисунок 2 Головка шлифовальная

Вследствие малого объёма абразивного слоя и низкой прочности абразивных зёрен такой инструмент быстро теряет размер и не обеспечивает требований по износостойкости. Всё это приводит к необходимости вести поиск новых видов инструмента для обработки отверстия в корпусе распылителя. Замена абразивного инструмента на алмазный, на наш взгляд, может решить проблему повышения размерной стойкости.

В связи с тем, что инструмент имеет малый диаметр и алмазные зёрна наносятся в один-два слоя, особое значение приобретают геометрические параметры алмазных зёрен. [1, 2]

Теоретическими и экспериментальными работами доказано, что алмазные зёрна, имеют определенную геометрию, характеризующую радиусом округления ρ и углом заострения при вершине зерна ϵ , определенную форму и размеры, несмотря на то, что являются продуктом механического дробления. Установлено, что алмазно-абразивные зерна являются трехмерными и характеризуются длиной зерна A , шириной B и высотой H . Форма и геометрические размеры алмазных зёрен оказывают непосредственное влияние на формирование микрорельефа обрабатываемой поверхности, определяют характер износа инструмента, способность зёрен противостоять выкрашиванию при ударной нагрузке. Способность алмазно-абразивных зёрен внедряться в обрабатываемый материал и срезать стружку, определяется величиной указанных геометрических параметров. Исследуя форму стружек, установлено, что она определяется формой зёрен и их расположением в связке. Более высокая режущая способность алмазных зёрен по сравнению с абразивными является следствием наличия меньших углов заострения и радиусов округления.

Целью наших дальнейших исследований является изучение механизма взаимодействия алмазного зерна с обрабатываемым металлом и влияние его геометрии и пространственной ориентации на режущую способность.

Литература

1. Т.А. Аскалонова, Д.Н. Лысенко. Влияние геометрии алмазных зёрен на процесс резания – царапания. Материалы XI городской научно-практической конференции молодых учёных «Молодёжь – Барнаулу»; Барнаул: издательство АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2009 г., с. 11-12.
2. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. М., «Машиностроение», 1974, 320 с.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ, ЗЕРКАЛЬНОСТЬ И УДЕЛЬНЫЙ СЪЕМ МЕТАЛЛА ПРИ ОБРАБОТКЕ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Кулагин В.В. – магистрант, Иконников А.М. – к.т.н.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При изготовлении пули 6,5 Grendel на автоматических роторных линиях под воздействием СОЖ на поверхности оболочек формируется трудноудаляемая плёнка, и заусеницы на хвостовой части после операции обрезки.

Большая часть технологического времени уходит на финишную обработку-протирку уже изготовленной пули. Процесс протирки пули в протирочных барабанах объединяет в себе многие подготовительные операции, такие как: изготовление древесных опилок, просеивание, сушка, транспортирование к протирочным агрегатам, засыпка опилок и пули в протирочный агрегат.

Так как протирочный барабан изготовлен из прочной листовой стали. В процессе его вращения (протирки), под воздействием больших масс (загрузочная масса до 500 кг.). Пули соударяясь между собой и с более твёрдой поверхностью барабана, а так же наличие заусенец, на хвостовой части оболочки пули. На плакированной томпаком Л90 поверхности оболочки пули возникают многочисленные микроскопические царапины.

Возможные методы обработки поверхности, такие как химическое травление и гальваническое нанесение покрытия энергоёмки и дорогостоящи. Финишная обработка в свободных абразивных средах является наиболее производительным методом, так как позволяет механизировать ручные отделочные операции удаления окалины, следов коррозии, облоя с литых заготовок, снятия заусенцев с деталей после штамповки. Эти способы позволяют осуществить безразмерную отделочную обработку деталей сложной формы и деталей малой жесткости, которые сложно или невозможно обработать инструментами с закрепленными абразивами. Методы обработки свободными абразивами позволяют осуществить операции полирования, глянцеваания, а также подготовить поверхность изделия под гальванические и лакокрасочные покрытия. Обработке подвергаются детали массой от нескольких долей грамма.

Одним из перспективных методов обработки свободными абразивами является метод магнитно-абразивной обработки (МАО). Сущность метода МАО заключается в том, что обрабатываемой поверхности детали или наполнителю с магнитными и абразивными свойствами, помещенному в магнитное поле, сообщают принудительное движение относительно друг друга. Съём металла осуществляется в результате силового воздействия порошка на поверхность детали.

На результаты процесса МАО оказывают влияние следующие технологические факторы: величина магнитной индукции, материалы магнитно-абразивного наполнителя и обрабатываемых деталей, величина рабочего зазора, скорость относительного движения порошка и детали, наличие вспомогательного рабочего движения (например, движения осцилляции), состояние исходной поверхности (физико-механические свойства и микрогеометрические характеристики).

В результате анализа литературы [1,2,3] и в ходе исследований выявлены следующие особенности МАО:

- универсальность абразивного инструмента, что позволяет обрабатывать детали из различных материалов и конфигураций;
- возможность управления жесткостью инструмента и за счет этого регулирование съема металла с формообразующей поверхности изделия;
- возможность обработки одновременно большого числа деталей;
- резкое уменьшение, по сравнению со шлифованием, общей температуры резания (за счет отсутствия трения связки о поверхность изделия);

- упрочнение поверхностного слоя детали;
- возможность резания наиболее острой кромкой зерна магнитно-абразивного порошка (при этом отпадает необходимость периодической пере заточки режущей кромки инструмента);
- исключение засаливания инструмента, что позволяет полировать мягкие и вязкие материалы (медь, алюминий и др.);
- возможность отделения наполнителя от обрабатываемых изделий и отходов обработки;
- возможность механизации и автоматизации при обработке.

Известные в настоящее время установки МАО разделяются по типу индуктора, создающего в зоне обработки магнитное поле, на четыре группы [2]:

- 1) схемы с электромагнитными индукторами постоянного тока;
- 2) схемы с электромагнитными индукторами переменного тока;
- 3) схемы с электромагнитными индукторами трехфазного тока;
- 4) схемы с индукторами на постоянных магнитах.

Для проведения исследований была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка, в которой магнитное поле в рабочем пространстве создается с помощью постоянных магнитов (рис. 1). Это позволило отказаться от электрических схем питания индукторов, уменьшить вероятность остановок процесса полирования в связи с выходом из строя электрических аппаратов или электрического пробоя намагничивающих катушек. Из-за отсутствия намагничивающих катушек резко уменьшаются габаритные размеры и масса индуктора, что несет за собой много конструктивных преимуществ.

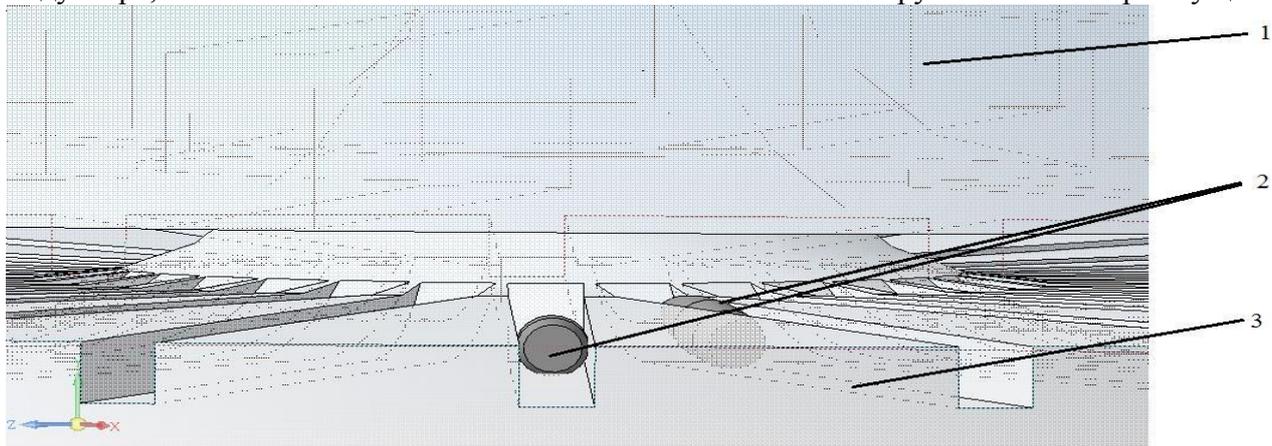


Рис. 1. Схема установки для магнитно-абразивной обработки: 1 – магнитный индуктор
2 – обрабатываемые пули; 3 – направляющий диск;

В качестве образцов для проведения исследований были изготовлены пластины 0,99x131x50 из биметалла 3 ОСТ 3-6649-91, основу которого составляет сталь 11кп плакированная томпаком, Л90 (медь 90 %, цинк 10 %), применяемых в производстве оболочки пули изделия 6,5 Grendel. Исследования проводились на образцах с исходной шероховатостью $Ra = 0,172$ мкм.

Для обработки использовался ферро магнитный абразивный материал на основе TiC-Fe благоприятно влияющих на формирование микрорельефа обрабатываемой поверхности и получение блестящей поверхности.

Взвешивание образцов для определения величины съема металла выполнялось на весах аналитических 2кл Типа АДВ-200 П/Н 200. Измерения шероховатости поверхности осуществлялось на профилографе-профилометре HOMMEL TESTER W55-R20-300. Измерение отражательной способности поверхности образцов проводилось на блеско-мере фотоэлектрическом ФБ-2 (ГОСТ 896-69). Качественная и количественная оценка эффективности процесса МАО проводилась по следующим параметрам: удельному съему металла, микрошероховатости поверхности и отражательной способности поверхности в

зависимости от скорости вращения шпинделя (индуктора) и времени обработки. Результаты экспериментальных исследований приведены на рис. 2, 3.

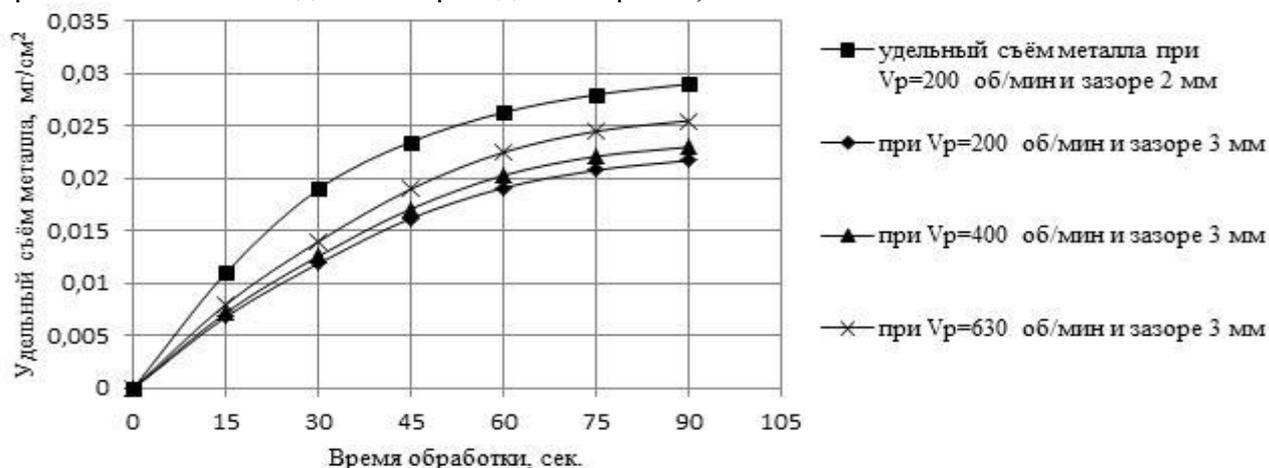


Рис. 2. Зависимость удельного съема материала от времени MAO при различных скоростях вращения магнитного индуктора V_p и рабочего зазора.

Полученные данные позволили выявить, что максимальный удельный съем металла достигается уже на шестидесятой секунде обработки. При этом более интенсивный съем металла при обработке позволяет получить изделия с меньшей шероховатостью до $Ra = 0,157$ мкм. Так как к поверхности изделий предъявляются повышенные требования, то помимо шероховатости исследовался блеск поверхности при обработке (рис. 3)

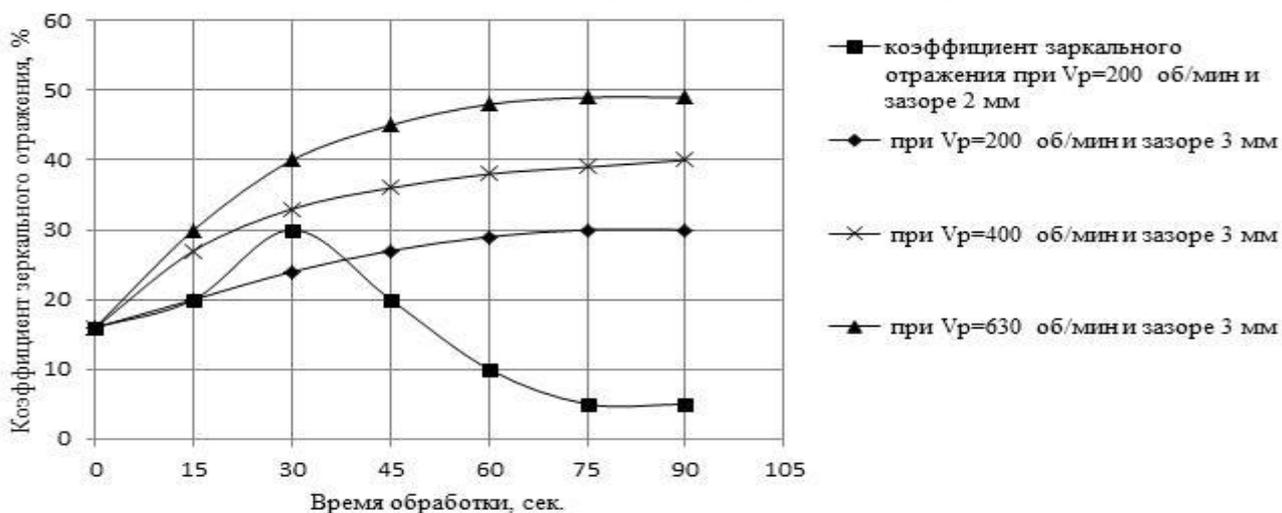


Рис. 3. Изменение отражательной способности поверхности в зависимости от времени MAO при различных скоростях вращения магнитного индуктора V_p и рабочего зазора.

Проведенные исследования MAO при обработке поверхности биметаллических образцов плакированных томпаком Л90, проводимых при различных технологических условиях. Показали, что разработанная технология позволяет получить более блестящую поверхность образцов, причем за более короткое время, при этом добиться меньшей шероховатости поверхности. Это дает возможность замены трудоёмкого процесса протирки на более дешую, MAO оболочки пули изделия 6,5 Grendel.

Список литературы:

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986.
2. Барон Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле. – Л.: Машиностроение, 1975.
3. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / И.Н. Карташов, М.Е. Шаинский, В.А. Власов и др. – Киев: Высш. шк., 1975.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВОЛНИСТОСТИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ ОТВЕРСТИЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ
Джигоев С.З.– магистрант гр.8КТМ-31, Белов А.Б.–аспирант, Леонов С.Л. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время для получения отверстий активно используется метод обработки сверлением. Данный вид обработки требует широкой номенклатуры инструмента, так как для каждое сверло рассчитано, на изготовление отверстий определенного диаметра. Данный способ хорошо подходит для обработки отверстий малого диаметра. Альтернативным способом обработки отверстий большого диаметра является метод фрезерования на токарно-фрезерных обрабатывающих центрах (рис. 1), позволяющих кроме токарных операций осуществлять и другие виды операций обработки поверхностей. В качестве режущего инструмента используются концевые фрезы [1].

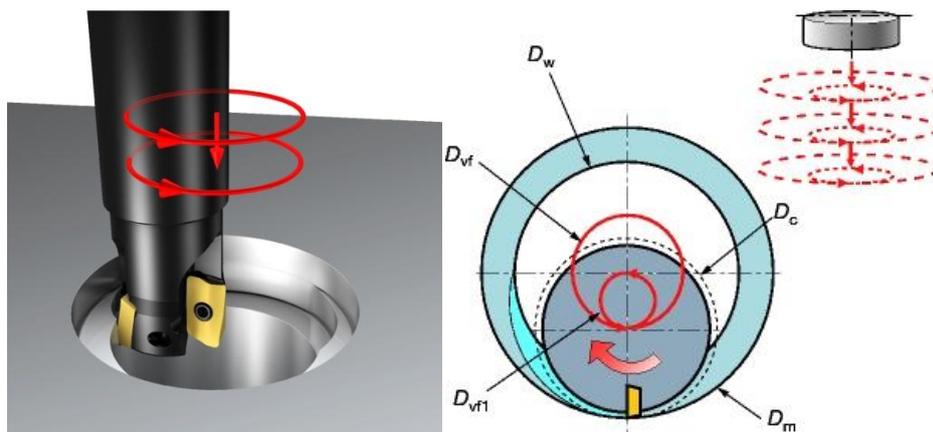


Рисунок 1- Круговая интерполяция с врезанием по 2 осям

Фрезерование должно обеспечивать заданную шероховатость и волнистость обработанной поверхности. Формирования требуемого микрорельефа особенно важно для операций, завершающих обработку поверхности. Профиль обработанной при фрезеровании поверхности обусловлен конструктивно-геометрической формой концевых фрез и кинематикой процесса резания, колебания технологической системы, биение режущего инструмента.

Увеличение существующего отверстия может осуществляться как круговой интерполяцией с врезанием под углом так и круговым расфрезеровыванием.

Метод круговой интерполяции является альтернативой использованию традиционного расточного инструмента. Круговую интерполяцию можно применять, используя большинство фрез с углом в плане 90 градусов, совершая кольцевой проход.

- постоянное z .
- вход и выход из резания для каждого прохода.
- должен быть запрограммирован заход фрезы в материал заготовки по касательной к диаметру отверстия.
- точность отверстия меньше, чем при винтовой интерполяции.
- следы ("строчки") от каждого прохода [2].

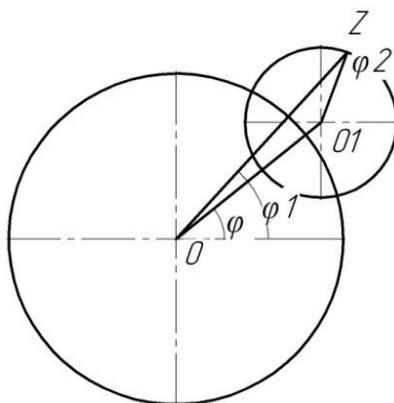
Наружный слой детали, имеющий макро- и микроотклонения от идеальной геометрической формы и изменённые физико-химические свойства по сравнению со свойствами основного материала, называют поверхностным слоем. Он формируется при эксплуатации и по глубине может составлять от десятых долей до нескольких миллиметров. Поверхностный слой определяется геометрическими характеристиками и физико-химическими свойствами.

Под геометрическими характеристиками понимают макроотклонения, волнистость, шероховатость и субшероховатость. Волнистость поверхности- совокупность неровностей высотой примерно 10^{-2} – 10^3 мкм с шагом, большим, чем базовая длина L , используемая для измерения параметров шероховатости.

До настоящего времени параметры волнистость в России не стандартизована, поэтому на практике используются различные отраслевые нормы и рекомендации [3].

Рисунок 2- Начало контакта

Аналитическая формула для фрезерования. Уравнение движения:



$$\begin{cases} x = R \cos \omega_1 \tau + r \cos \left(\omega_2 \tau - \frac{2\pi}{N} (i-1) \right) = R \cos \varphi_1 + r \cos \varphi_2 \\ y = R \sin \omega_1 \tau + r \sin \left(\omega_2 \tau - \frac{2\pi}{N} (i-1) \right) = R \sin \varphi_1 + r \sin \varphi_2 \end{cases}$$

Рассмотрим диапазон φ_1 и φ_2 , при котором режет i -й зуб.

Начало контакта:

$$1\text{-й зуб: } \varphi_2 = k2\pi + \varphi_1 = k2\pi \frac{1}{\left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)} = k2\pi \frac{\omega_2}{(\omega_2 - \omega_1)}$$

i -й

зуб:

$$\varphi_2 = k2\pi + \varphi_1 = \left(k2\pi + \Delta_i \frac{\omega_1}{\omega_2} \right) \frac{\omega_2}{(\omega_2 - \omega_1)} = \left(k2\pi + \Delta_i \frac{\omega_1}{\omega_2} \right) \cdot \frac{1}{1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}}$$

В соответствии с этими формулами время начала контакта i -го зуба

$$\tau_i = (\varphi_2 + \Delta_i) \frac{1}{\omega_2}$$

Полученные зависимости позволяют аналитически определить моменты начала и окончания резания каждым зубом как по времени, так и по углам φ_1 и φ_2 .

Рассмотрим изменение глубины резания и связанные с этим изменения составляющих силы резания.

$$\Delta y = 2R \sin\left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{\Delta}{2}\right) \cos\left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \left(\varphi_2 + \frac{\Delta}{2}\right)\right) = A \cos\left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \left(\varphi_2 + \frac{\Delta}{2}\right)\right) = A \cos\left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \left(\varphi'_2 - \frac{\Delta}{2}\right)\right)$$

где $A = 2R \sin\left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \cdot \frac{\Delta}{2}\right)$.

Для последующих зубьев фрезы глубина резания вычисляется по этой же формуле, но относительно предыдущего зуба.

Рассмотрим составляющие силы резания, которые определяются в зависимости от углового положения каждого зуба.

Будем полагать, что значение силы резания пропорционально глубине резания:

$$P = Kp \cdot \Delta y$$

В зависимости от углового положения зуба фрезы при одних и тех же координатах получаются различные составляющие силы резания.

$$P_k = P \cos \beta; P_p = \sqrt{P^2 - P_k^2}$$

Составляющая P_p вызывает упругие отжатия фрезы от обрабатываемой поверхности, кроме того, сама сила P вызывает крутильные деформации инструмента.

Радиальная составляющая силы резания разлагается в ряд Фурье:

$$P_p = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^N (a_i \cos(i\omega_1\tau) + b_i \sin(i\omega_1\tau))$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$$

$$a_i = \frac{2}{T} \int_{\tau_1}^{\tau_1+T} P_p(\tau) \cos(i\omega_1\tau) d\tau$$

$$b_i = \frac{2}{T} \int_{\tau_1}^{\tau_1+T} P_p(\tau) \sin(i\omega_1\tau) d\tau$$

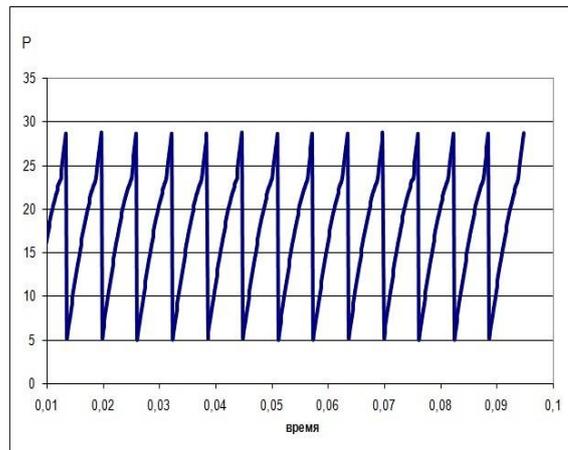


Рисунок 3- Сила резания

В зависимости от углового положения и глубины резания для каждого зуба определяются составляющие силы резания. Радиальные составляющие P_p суммируются и используются в дальнейшем для расчета колебаний. Рассчитывается период изменения силы

резания (первый период использовать нельзя из-за возможных искажений от врезания). Расчет упругих отжатий при фрезеровании и отклонений формы производится с использованием частотных характеристик колебательного звена, определяемого параметрами M , G и C фрезы.

Передаточная функция колебательной системы:

$$W(s) = \frac{1}{Ms^2 + Gs + C} = \frac{k}{T^2s^2 + 2eTs + 1};$$
$$k = \frac{1}{C}; \quad T = \sqrt{\frac{M}{C}}; \quad e = \frac{G}{2TC}$$

Разработанная математическая модель процесса фрезерования отверстий позволяет упростить анализ процесса формирования профиля обработанной поверхности, расчет параметров волнистости и их обеспечение при обработке.

Список литературы:

1. Леонов С.Л., Белов А.Б. Моделирование процесса фрезерования отверстий на станках с ЧПУ, «Ползуновский вестник» № 1-1 2012
2. <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/>
3. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. –М.: Машиностроение, 2002.

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ РОТОРА ДОЗИРОВАНИЯ ПОРОХА НА ОСНОВЕ МЕТОДА «ДЕРЕВО ОТАЗКАЗОВ»

Широков Д.Л. – магистрант, Татаркин Е.Ю. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Дозирование пороха при снаряжении патронов стрелкового оружия – важная часть патронного производства, так как от точности дозирования зависят баллистические характеристики выстрела – разброс дульных скоростей, настильность траектории, рассеивание. На патронных производствах используется объемный принцип дозирования пороха, и применяются в основном два типа дозаторов: шиберные и роторные.

Точность дозирования пороха при объемном дозировании составляет $\pm 5\%$ по отношению к массе порохового заряда. Такая точность не всегда обеспечивает необходимые характеристики патрона. [1,2]

Рассмотрена надежность работы ротора дозирования пороха на основе метода «дерево отказов». Рассмотрены виды потенциальных причин отказов работе ротора дозирования пороха. Предложены меры по устранению дефектов.

Анализ дерева отказов (АДО) - анализ отказов сложных систем, в котором нежелательные состояния или отказы системы анализируются с помощью методов булевой алгебры, объединяя последовательность нижестоящих событий (отказов низшего уровня), которые приводят к отказу всей системы. Это эффективный инструмент повышения качества разрабатываемых и уже работающих сложных технических объектов, направленный на предотвращение дефектов или снижение негативных последствий от них. Это достигается благодаря предвидению дефектов и (или) отказов и их анализу, провидимому на этапах проектирования конструкции и производственных процессов. Метод может быть также использован для доработки и улучшения конструкций и процессов, запущенных в производство.

Метод АДО позволяет проанализировать потенциальные дефекты, их причины и последствия, оценить риски их появления и обнаружения на предприятии и принять меры для устранения или снижения вероятности и ущерба от их появления. Это один из наиболее эффективных методов доработки конструкции технических объектов и процессов.

На этапе доработки конструкции технических объектов перед запуском или при улучшении методом АДО решают следующие задачи:

- обнаружение «слабых» мест конструкции ротора дозирования пороха и принятие мер по их устранению в процессе работы;
- принятие решений о пригодности предложенных конструкций оборудования при их разработке или работе;
- доработка конструкции до наиболее приемлемой с различных точек зрения, а именно: надежности, безопасности для персонала, обнаружения потенциально дефектных узлов и т. д.

Метод АДО рекомендуется применять при изменении условий эксплуатации технического объекта, требований заказчика, при модернизации конструкций или технологических процессов и т. п.

Метод АДО может применяться также при принятии решений в отношении несоответствующей продукции (материалов, деталей, комплектующих изделий) в экономически обоснованных случаях.

АДО проводят с целью анализа и доработки конструкции технического объекта, производственного процесса, правил эксплуатации, системы технического обслуживания и ремонта технического объекта для предупреждения возникновения и (или) ослабления тяжести возможных последствий его дефектов и для достижения требуемых характеристик безопасности, экологичности, эффективности и надежности. [3]

В процессе АДО решают следующие задачи:

- составляют перечень всех потенциально возможных видов дефектов технического объекта, при этом учитывают как опыт изготовления и испытаний аналогичных объектов, так и опыт реальных действий и возможных ошибок персонала в процессе производства, эксплуатации, при техническом обслуживании и ремонте аналогичных технических объектов;

- определяют возможные неблагоприятные последствия от каждого потенциального дефекта, проводят качественный анализ тяжести последствий и количественную оценку их значимости;

- определяют причины каждого потенциального дефекта и оценивают частоту возникновения каждой причины в соответствии с предлагаемой конструкцией и процессом изготовления, а также в соответствии с предполагаемыми условиями эксплуатации, обслуживания, ремонта;

- оценивают достаточность предусмотренных в технологическом цикле операций, направленных на предупреждение дефектов в эксплуатации, и достаточность методов предотвращения дефектов при техническом обслуживании и ремонте; количественно оценивают возможность предотвращения дефекта путем предусмотренных операций по обнаружению причин дефектов на стадии изготовления объекта и признаков дефектов на стадии эксплуатации объекта;

Для проведения анализа методом «дерево отказов» ротора дозирования пороха было сделано:

1. Определено нежелательное событие.

Нежелательное событие используется для построения дерева отказов, одно событие для одного дерева.

2. Углубленное понимание причин.

После того как нежелательное событие выбрано, все причины, которые влияют на нежелательное событие, с вероятностями 0 и более были изучены и проанализированы. Для выбранного события все причины пронумерованы, затем сгруппированы в порядке появления.

3. Построено дерева отказов на основе изученных причин.

После выбора нежелательного события и анализа системы, такого, что известны все вызываемые эффекты (и возможно их вероятности), построено дерево отказов. Дерево

отказов основано на символах «И» и «ИЛИ», определяющих основные характеристики дерева неисправностей.

4. Оценка дерева отказов.

После того, как дерево отказов было построено для нежелательного события, оно оценено и проанализировано на предмет возможного улучшения.

Этот этап является подготовительным для заключительного шага анализа, который контролирует идентификацию опасности. На этом этапе выявлены все возможные опасности, прямо или косвенно влияющие на систему.

5. Контроль определения опасности

Этот шаг очень специфичный и отличается для различных систем, но главное то, что после идентификации опасности последуют методы для уменьшения вероятности возникновения.

Использование метода АДО ротора дозирования пороха позволило выделить виды потенциальных дефектов и отказов, и в результате предложить меры по их устранению, направленные на стабилизацию дозирования пороха при снаряжении патронов.

Список литературы:

1. Клусов И.А. Роторные автоматические линии – М.: Высшая школа, 1989 – 171с.
2. Прейс В.В. Технологические роторные машины: вчера, сегодня, завтра – М.: Машиностроение, 1986. – 128с.
3. ГОСТ Р 27.302-2009 Надежность в технике. Анализ дерева неисправностей.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ПОРЦИИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОГО ПОРОШКА

Шрайнер Т.А. – магистрант, Иконников А.М. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Магнитно-абразивная обработка (МАО) - один из нетрадиционных методов финишной обработки, который был разработан сравнительно недавно и характеризуется эффективностью и экономичностью. Технология МАО объединяет в себе совокупность абразивного резания и использование магнитного поля непосредственно в зоне обработки. Магнитное поле удерживает порошок на индукторе и обеспечивает гибкую связь между зернами. В процессе обработки материал заготовки подвергается не только механическому абразивному воздействию, но также воздействию переменного магнитного поля, которое благоприятно отражается на эксплуатационных свойствах поверхностного слоя детали.

Расширение технологических возможностей МАО во многом зависит от успеха проектирования технологической оснастки, применяемой на станках с числовым программным управлением. Проектируемая оснастка должна удовлетворять современным тенденциям развития технических систем, которые заключаются в усовершенствовании существующих систем в направлении повышения уровня функциональности, технологичности, экономичности и производительности. Оснастка для станков с числовым программным управлением должна иметь меньшие размеры относительно размеров обрабатываемых плоских поверхностей из-за технологических особенностей станков с ЧПУ и ее закрепления. Это обуславливает необходимость расчета и проектирования размеров и формы магнитно-абразивного индуктора и оптимальных траекторий обхода инструмента.

Одним из ключевых этапов проектирования технологической оснастки для МАО является моделирование процесса обработки, которое включает в себя математическое описание модели с целью выявления кинематики процесса обработки, принципа работы оборудования, получения требуемых конструктивно-геометрических параметров детали и инструмента, а также необходимого качества поверхности детали.

Важнейшей задачей математического моделирования является нахождение зависимостей между входными и выходными параметрами исследуемой технической

системы. Входными параметрами для процесса магнитно-абразивной обработки являются: исходное качество обрабатываемой поверхности заготовки, объем и зернистость абразивного порошка, геометрическая форма и размеры магнитного индуктора и заготовки; выходными – требуемое качество поверхности детали, величина съема материала и производительность обработки.

С помощью разрабатываемой математической модели появляется возможность более детально и глубоко рассмотреть следующие вопросы:

- Исследовать технологические возможности спроектированных инструментов, оснастки и способов МАО;
- Моделирование МАО в условиях обработки на станках с ЧПУ с варьируемым размером порции магнитного порошка;
- Оценка работоспособности предложенных решений и их применение в условиях группового технологического процесса.

В процессе моделирования требуется найти математическую зависимость $f(x)$ между величиной радиуса индуктора R_u , радиусом порции абразивного порошка r_n , подачей S и частотой вращения n индуктора:

$$f(x) = f(R_u, r_n, S, n) \quad (1)$$

с целью выбора оптимального радиуса порции порошка для достижения необходимой производительности обработки. Требуется решить прямую задачу поиска рациональной траектории движения инструмента, обеспечивающей максимальную производительность процесса обработки и обратную задачу поиска режимов обработки для обеспечения требуемого качества поверхности детали.

В ходе моделирования приняты следующие допущения: порция магнитно-абразивного порошка в форме окружности принимается абсолютно жесткой и в процессе обработки не распадается на отдельные элементы. Отсутствует внутреннее трение в массиве порции магнитного порошка.

На рисунке 1 представлена схема процесса обработки. Цилиндрический магнитный индуктор 1 радиуса R_u , порция магнитно-абразивного порошка 2 в форме окружности радиуса r_n , расположенная на расстоянии l от оси вращения индуктора, в начальном положении под углом φ к оси абсцисс и заготовки 3 с плоской обрабатываемой поверхностью в форме равностороннего треугольника со стороной a . Магнитный индуктор вращается с частотой вращения n , стол станка движется плоско-параллельно вдоль основания треугольника с минутной подачей S .

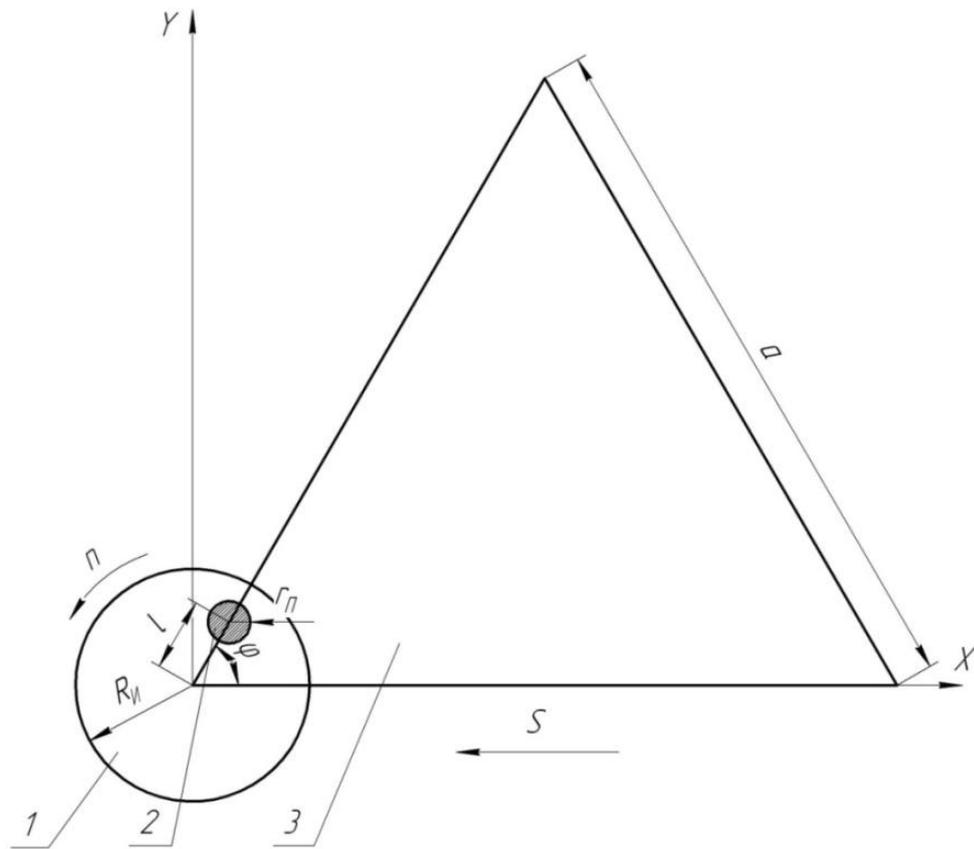


Рисунок 1 - Схема процесса обработки:

- 1 – цилиндрический магнитный индуктор;
- 2 – порция магнитно-абразивного порошка в форме окружности;
- 3 – заготовка с плоской обрабатываемой поверхностью

В процессе моделирования траектории движения порции магнитно-абразивного порошка полученные математические зависимости реализованы с помощью средств Microsoft Office Excel. Интерфейс программы построения траектории магнитно-абразивной обработки представлен на рисунке 2.

Анализ полученных траекторий движения порции абразивного порошка показал, что число абразивных зерен, проходящих через центр полосы обработки, меньше, чем через периферию, а, следовательно, и изменение шероховатости внутри полосы будет иметь обратно пропорциональный характер: чем дальше от центра полосы, тем ниже шероховатость. Установлена зависимость между радиусом порции абразивного порошка и величинами подачи и частоты вращения индуктора:

$$2r_n \geq \frac{S}{n} + b \quad (2)$$

Максимальная фактическая ширина полосы обработки определяется соотношением:

$$H_\phi = 2\sqrt{(l + r_n)^2 - \frac{S^2}{4}} \quad (3)$$

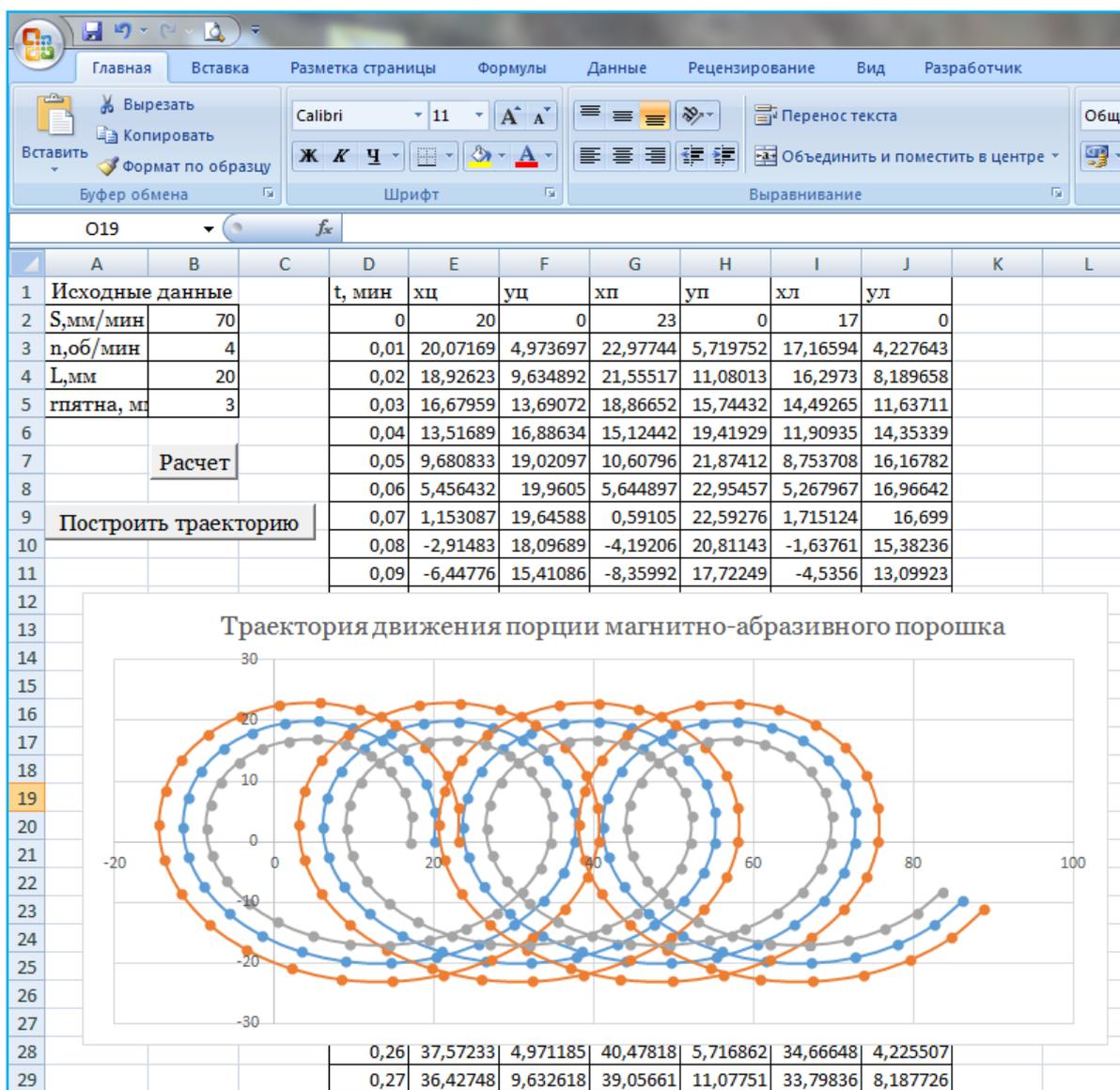


Рисунок 2 - Интерфейс программы построения траектории магнитно-абразивной обработки в среде Microsoft Office Excel

Полученные зависимости для определения размеров порции абразивного порошка, участвующего в процессе формирования поверхности детали при магнитно-абразивной обработке, позволяют решить технологические задачи по поиску наиболее выгодных режимов, траекторий обработки деталей и технического нормирования на уровне проектирования операций МАО, что особенно важно при освоении многономенклатурных групповых технологических процессов.

Используя полученные данные, технолог может оценить влияние нескольких параметров процесса (радиуса индуктора, радиус порции абразивного порошка, подача привода стола станка, частота вращения индуктора и др.) на производительность обработки. Предложенную модель можно использовать для прогнозирования параметров обработки плоских поверхностей деталей сложной конфигурации, где режимы обработки постоянно корректируются, что характерно для процессов МАО, из-за отсутствия стандартных значений режимов резания.

Список литературы

1. Барон, Ю.М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущих инструментов / Ю.М. Барон. Л.: Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. 176 с.
2. Хомич, Н. С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н. С. Хомич. - Минск: БНТУ, 2006. - 217 с.: ил.

МЕТОДИКА ВЫБОРА СПОСОБА ФРЕЗЕРОВАНИЯ НЕЖЕСТКИХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ГРУППОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Светлова Т.Г. – магистрант, Потапов И.С. – студент, Балашов А.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Существующая тенденция к снижению материалоемкости выпускаемых изделий обусловили рост объема производства нежестких корпусных деталей. Сложность изготовления нежестких корпусов вызывает значительное увеличение материальных и трудовых затрат, связанных с организацией и реализацией технологических процессов механической обработки деталей. Организация группового производства позволяет снизить себестоимость и трудоёмкость технологических процессов изготовления деталей машин.

Одним из этапов организации группового производства является этап группирования деталей, выбора детали-представителя или создания комплексной детали. Однако большое разнообразие конструктивных форм корпусных деталей не позволяет создать комплексную деталь или выбрать деталь-представитель. Учитывая, что наибольшие трудности изготовления корпусной детали связаны с обработкой нежесткой поверхности для формирования групп необходимо создать комплексную, нежесткую поверхность. Анализ конструкций нежестких корпусных деталей позволил классифицировать нежесткие поверхности по признакам, отраженным на рисунке 1.



Рисунок 1 – Классификация нежестких поверхностей деталей машин

Фрезерование нежестких поверхностей возможно по следующим способам обработки.

1. Обеспечение показателей точности реализуется путем изменения подачи в процессе обработки в зависимости от жесткости технологической системы (рисунок 2).

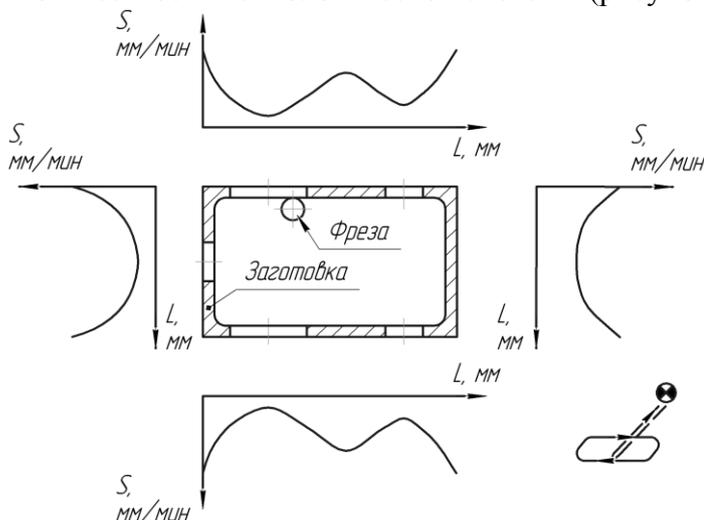


Рисунок 2 – Управление показателями точности фрезерования нежесткой детали (ТР1)

Техническое решение (ТР) предусматривают возможность управление показателями точности нежесткой детали посредством управления подачей инструмента или заготовки в зависимости от положения фрезы относительно нежесткой заготовки.

2. Обеспечение показателей точности реализуется путем изменения глубины резания в процессе обработки в зависимости от жесткости технологической системы (рисунок 3).

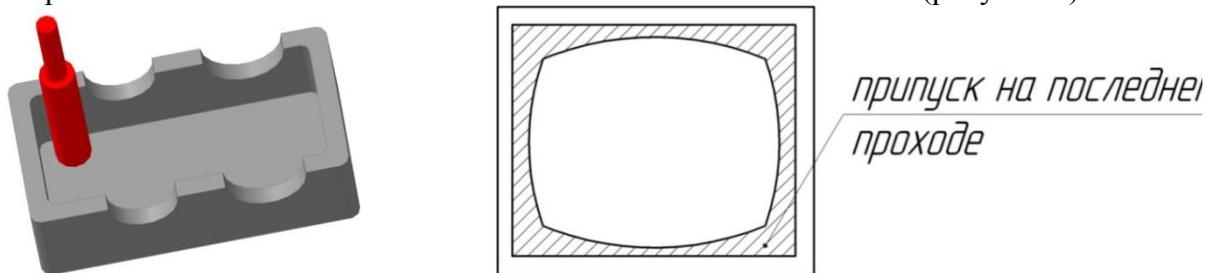


Рисунок 3 –Управления показателями точности фрезерования нежесткой детали глубиной резания (ТР2)

Техническое решение предусматривают возможность управление показателями точности нежесткой детали посредством управления глубиной резания в зависимости от положения фрезы относительно нежесткой заготовки.

3. Обеспечение показателей точности реализуется путем управления жесткость заготовки (рисунок 4).



Рисунок 4 - Управление показателями точности фрезерования нежесткой детали жесткостью заготовки (ТР3)

Техническое решение предусматривает возможность управления показателями точности нежесткой детали посредством предискажения обрабатываемой поверхности заготовки изгибом при помощи двух внешних сил P_1 и P_2 до обработки. Предискажение заготовки осуществляется на величину упругих отжатий заготовки, возникающих во время обработки, тем самым, компенсируя их и позволяя выдержать исследуемый линейный размер (толщину стенки) в пределах поля допуска.

4. Обеспечение показателей точности реализуется путем применения подводимых домкратов.

Перед началом обработки детали на электромеханический привод подается напряжение (рисунок 5).

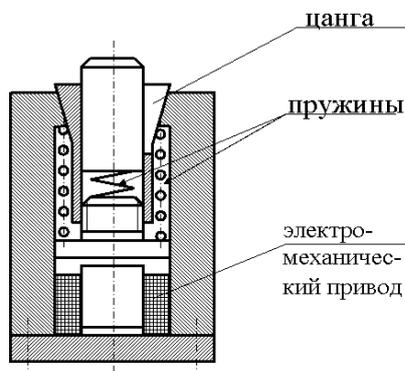


Рисунок 5 – Подводимый домкрат с автоматической фиксации опоры (ТР4)

Сердечник привода, перемещаясь, воздействует на цангу. Освобождённая подводимая опора под воздействием пружины самоустанавливается по внутренней поверхности нежесткой детали. Для закрепления опоры, с электромеханического привода снимается напряжение, сердечник привода возвращается в исходное положение. После чего посредством второй пружины цанга закрепляет опору.

Рассмотренные способы управления точностью нежестких деталей имеют ограничения по конструктивным характеристикам корпусных деталей. Например, ТРЗ невозможно использовать в корпусных деталях коробчатой формы. Возможные способы обработки нежестких поверхностей приведены на рисунке 6.

Код детали	Схема	Способ управления точностью					нет
		ТР №1	ТР №2	ТР №3	ТР №4		
					*	**	
СБР 11		+	-	-	+	+	+
СБР 12		+	+	-	+	-	+
СБН 11		+	-	+	+	+	+
СБН 12		+	+	-	+	-	+
СНР 11		+	-	-	+	+	+
СНН 11		+	-	-	+	+	+
НБР 11		+	-	+	+	+	+
НБР 12		+	+	-	+	+	+
НБН 11		+	-	+	+	+	+
НБН 12		+	+	-	+	+	+
ННР 11		+	-	-	+	+	+
ННН 11		+	-	-	+	+	+

Рисунок 6 – Матрица соответствия группы нежестких поверхностей способу фрезерования

(* - автоматизированная фиксация подводимой опоры, ** - фиксация опоры вручную)

Выбор способа фрезерования нежестких поверхностей группы корпусных деталей осуществляется в несколько этапов.

1. Формирование исходных данных для технологического проектирования.
2. Определение конструктивно-технологического подобия и группирование объектов производства по комплексным нежестким поверхностям.
3. Поиск способов управления точностью фрезерования нежесткой поверхности.
4. Расчет показателей качества и трудоёмкости обработанных нежестких поверхностей для каждого выбранного способа.
4. Выбор способа управления точностью, обеспечивающий наименьшую трудоёмкость.

Таким образом, рассмотренная методика выбора способа фрезерования нежестких поверхностей позволяет спроектировать групповой технологический процесс изготовления нежестких корпусных деталей.

ЧИСТОВОЕ ТОЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ

Богатырев Д.И. – магистрант, Николаев К.А. – магистрант,
Гончаров В.Д. – к.т.н., профессор, Балашов А.В. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время детали закаленные свыше твердости HRC 45 на чистовых операциях шлифуются. Однако в последние годы стал внедряться процесс твердого точения.

На Барнаульском ремонтно-инструментальном заводе ОАО ХК «Барнаульский станкостроительный завод» начали успешно заменять операции круглого чистового шлифования пуансонов первой и второй вытяжки гильз патронов на операцию твердого точения. Пуансоны изготавливаются из инструментальной стали У10А ГОСТ 1435-99 с твердостью 58...61 HRC. Конструкция пуансона состоит из цилиндрической, трех конических частей и торцов с радиусными закруглениями (рисунок 1).

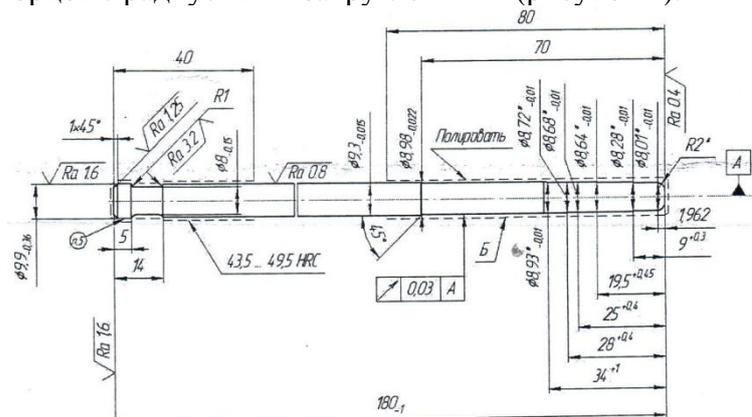


Рисунок 1 - Пуансон

Для обработки пуансонов по новой технологии на операции чистового точения использовали прецизионный токарный станок с ЧПУ Schaublin TM225 CNC (рисунок 2).



Рисунок 2 - Токарный станок Schaublin TM225 CNC

Тонкое точение осуществляется резцами оснащенными поликристаллическими пластинами CBN. Подобранные режимы резания для твердого точения пуансонов обеспечивают получение поверхностей с шероховатостью Ra=0,2 мкм и с точностью диаметрального размера – 4 мкм. Точение сложного профиля рабочей части пуансона производится за один проход при скорости резания $V=120$ м/мин, глубина резания $t=0,2$ мм, подачи $S=0,06$ мм/об на 1 проходе, и $S=0,04$ мм/об на чистовом проходе.

Внедренные операции чистового точения закаленных поверхностей пуансонов лезвийным инструментом позволило исключить из технологического процесса три операции шлифования. Кроме этого прекратили изготавливать круглые фасонные резцы для обтачивания сложного профиля рабочей части пуансонов. Внедрение операции твердого точения позволило снизить трудоемкость изготовления пуансона в 2,5 раза.

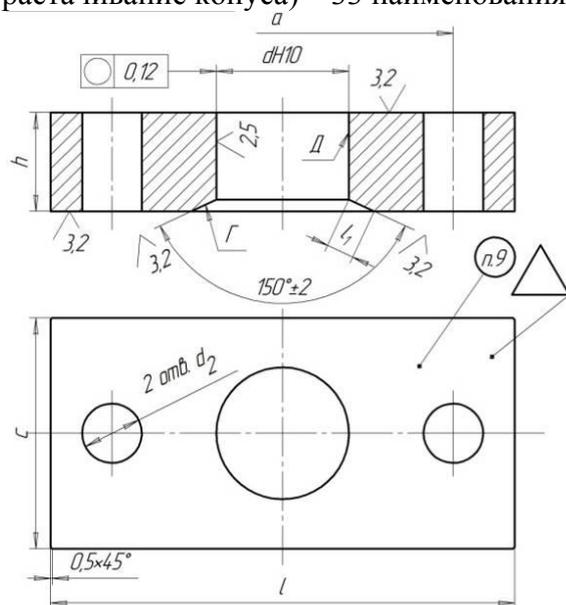
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСТОЧНЫХ ОПРАВОК ДЛЯ ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Потапов И.С. – студент, Верховская А.А. – магистрант, Балашов А.В. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Метод групповой обработки деталей машин, основанный на объединении деталей в группы, предусматривает применение быстропереналаживаемой технологической оснастки, обеспечивающий сокращение сроков и стоимости изготовления, а также сроков подготовки производства. Высокая эффективность групповых технологических процессов изготовления деталей машин обусловлена гибкостью и мобильностью технологических средств оснащения производства, возможностью их многократного применения при смене объектов производства. В условиях группового производства широко используются переналаживаемые станочные приспособления, обеспечивающие путем регулирования подвижных элементов или замены сменных установочных наладок (переналадки) установку и закрепление группы заготовок широкой номенклатуры. Однако, в настоящее время групповые технологические операции изготовления корпусных деталей на станках с ЧПУ не нашли широкого применения, в том числе из-за отсутствия быстропереналаживаемых режущих и вспомогательных инструментов [1].

Например, для изготовления группы деталей «Планка нажимная» (рисунок 1) на станке с ЧПУ необходима следующая технологическая оснастка:

- групповое станочное приспособление;
- фреза торцевая (фрезерование верхней и нижней плоскостей);
- фреза концевая (фрезерование боковых поверхностей);
- сверло спиральное (сверление и рассверливание отверстий более 25 мм., d_2) – 15 наименований;
- оправка расточная (черновое и чистовое растачивание центрального отверстия, растачивание конуса) – 33 наименования.



1. Заготовка – пакетка Гр. IV КПЗ15 ГОСТ 8479-70.
2. H14, h14, $\pm IT14/2$.

Обозначение	Размеры в мм							Масса, кг
	d	d_1	l	h	C	l_1	a	
	86	32	310_{-2}^{+4}	58 ± 1	160_{-2}^{+4}	23	250	16,75
-01	65	22	210 ± 2	40 ± 2	100 ± 2	15	165	5,35
-02	65	25	280_{-3}^{+6}	48 ± 2	120 ± 2	18 min	230	10,7
-03	60	25	220_{-3}^{+6}	40 ± 2	100 ± 2	13 min	160	6,09
-04	40	18	120_{-2}^{+6}	30 ± 2	70 ± 2	$10^{\pm 2}$	85	1,47
-05	40	18	140_{-2}^{+6}	30 ± 2	70 ± 2	$10^{\pm 2}$	103	1,5
-06	46	22	170_{-2}^{+6}	38 ± 2	88 ± 2	$10^{\pm 2}$	125	4,0
-07	56	25	200_{-3}^{+6}	38 ± 2	88 ± 2	$13^{\pm 2}$	150	5,1
-08	65	32	240_{-3}^{+6}	48 ± 2	120 ± 2	$18^{\pm 2}$	180	8,5
-09	78	40	290_{-3}^{+6}	73 ± 2	140 ± 2	$19^{\pm 2}$	210	16,1
-10	48	32	240_{-3}^{+6}	48 ± 2	120 ± 2	$13^{\pm 2}$	180	9,1

Рисунок 1 – Планка нажимная

Фрезерование различных плоскостей выполняется фрезой на разных стадиях (черновое, чистовое фрезерование), а для обработки каждого отверстия требуется разный инструмент для каждой из стадий обработки.

Применение специальных расточных оправок для изготовления группы деталей «Планка нажимная» нецелесообразно из-за значительных трудовых и материальных затрат на

настройку инструмента вне станка, на смену расточных оправок в инструментальном магазине станка после обработки партии деталей одного типоразмера, на хранение большого объема инструмента в кладовой.

В АлтГТУ разработана быстроперенастраиваемая расточная оправка с автоматической поднастройкой инструмента для обработки отверстий разного диаметра.

Расточная оправка состоит из корпуса 1 в отверстии которого расположены ползун 2 и втулка 6, воздействующие торцами 3 и 7 с пакетом тарельчатых пружин 4. В резьбовом отверстии ползуна 2 закреплен клин 5, фиксирующий резец 8. Ползун 2 может перемещаться вдоль оси отверстия корпуса 1 при передаче нагрузки от роликов 10 через оси 9. Резец 8 имеет возможность перемещения при его раскреплении клином 5 на величину ΔR .

Для настройки расточной оправки на нужный размер на столе станка необходимо предусматривать позицию регулировки расточной оправки. На позиции регулировки расточной оправки размещены плита 11 с направляющими 12 и щупом 13.

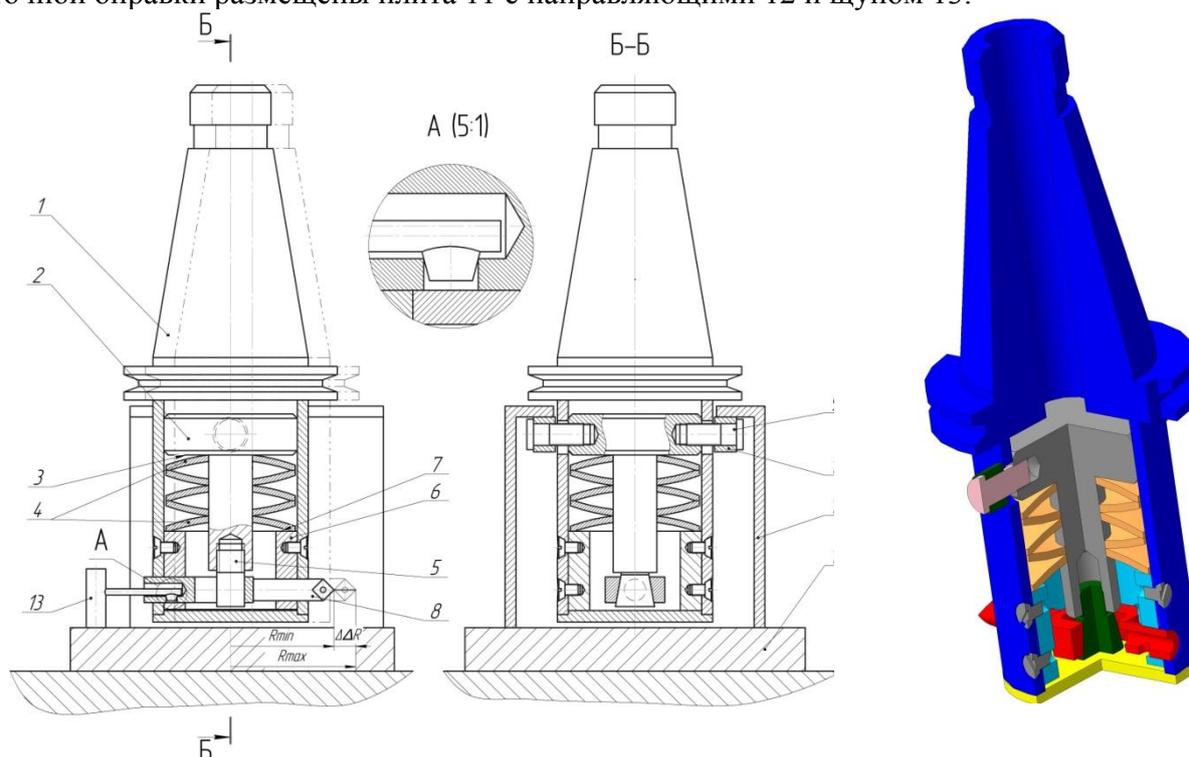


Рисунок 2 – Регулируемая расточная оправка

Настройка расточной оправки реализуется по траектории перемещения шпинделя станка с ЧПУ (рисунок 3) по разработанной программе.

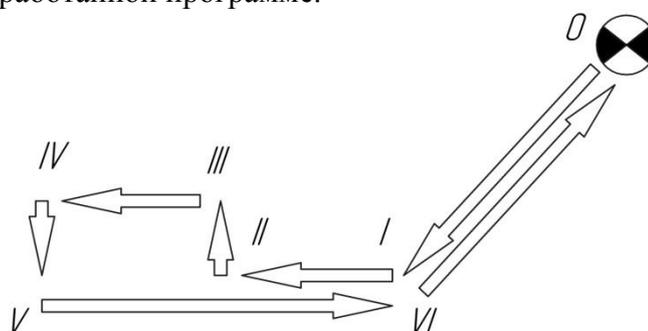


Рисунок 3 – Траектория перемещения рабочего органа станка при настройке расточной оправки

После быстрого подвода инструмента к позиции регулировки (траектория 0 - I) расточная оправка перемещается до совпадения осей радиального отверстия резца 8 и конуса

щупа 13 (траектория I – II). Далее необходимо шпиндель станка переместить по траектории II – III. Перемещение шпинделя по траектории II-III обеспечивает перемещение корпуса 1, втулки 6, резца 8 и сжатие тарельчатых пружин 4 при неподвижных роликах 10, осей 9, ползуна 2 и клина 5. Перемещение реализуется до входа конуса щупа 13 в радиальное отверстие резца 8, при этом осуществляется раскрепление резца 8. Перемещение шпинделя станка по траектории III – IV обеспечивает настройку оправки для растачивания следующего отверстия детали группы или для растачивания отверстия на другой стадии обработки. Перемещение шпинделя по траектории IV – V обеспечивает закрепление резца 8 клином 5 посредством натяга, создаваемого пружинами 4. Перемещение шпинделя по траекториям V-VI и VI – 0 реализует вывод расточной оправки с позиции регулировки.

После настройки расточная оправка перемещается в рабочую позицию для обработки отверстия детали.

Использование предлагаемой оправки для изготовления деталей группы «Планка нажимная» (рисунок 1) позволит уменьшить количество расточных инструментов с 33 до 3 наименований.

Таким образом, использование групповой технологической оснастки обеспечивает значительное сокращение номенклатуры режущего инструмента, сроков и стоимости настройки технологических систем, а также создаёт предпосылки для их централизованного изготовления.

Список литературы

1. Боярский В.Г., Сихимбаев М.Р., Шеров К.Т. Переналаживаемая технологическая оснастка для групповой обработки. Фундаментальные исследования, №12 (часть 3), 2011. С. 542-547.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОГНОЗНОЙ ТРУДОЕМКОСТИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ КВАЛИМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЕТАЛЕЙ

Дронова О.Б. – магистрант, Маркова М.И. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

При всем многообразии задач современного нормирования на машиностроительных предприятиях отдельной проблемой является определение так называемой прогнозной трудоемкости изготовления изделий [1,2]. Решение целого ряда задач планирования производства либо вообще невозможно, либо некорректно без учета данного показателя.

В условиях единичного, мелкосерийного, экспериментального производства, а также на ранних стадиях проектирования изделий применение дифференцированных расчетных методов определения технологической трудоемкости затруднено из-за отсутствия полностью разработанной технологической документации. Поэтому в этих условиях используют укрупненные расчетные методы определения трудоемкости [3].

В данной работе решена задача прогнозирования временных затрат на изготовление изделий машиностроения с использованием методики укрупненного расчета трудоемкости на основе квалиметрического анализа деталей.

Общий квалиметрический показатель детали является интегральным показателем её качества, численно характеризующим разнообразные конструктивно-технологические признаки и свойства, присущие данному виду детали.

Квалиметрическими показателями являются характеристики разнообразных свойств и признаков деталей, наиболее существенно влияющие на величину технологической трудоемкости. Они определяются на основе сложности геометрической формы детали, массы и материала обрабатываемой детали, параметра шероховатости поверхности детали; структуры и особенностей технологических операций.

Система квалиметрических показателей деталей построена на основе вывода соотношений показателей качества, влияющих на величину технологической трудоемкости рассматриваемых деталей в определенных типовых условиях их единичного изготовления, к показателю качества детали, принятой за базу, то есть:

$$K_i = \frac{T_i}{T_б} = \frac{f(X_1, X_2, \dots, X_n)_i}{f(X_1, X_2, \dots, X_n)_б}, \quad (1)$$

где K_i – частный квалиметрический показатель;

T_i – трудоемкость изготовления рассматриваемой детали, нормо-часы;

$T_б$ – трудоемкость изготовления детали, принятой за базу, нормо-часы;

(X_1, X_2, \dots, X_n) – конструктивно-технологические параметры, признаки и свойства деталей, существенно влияющие на величину технологической трудоемкости их изготовления.

Расчет квалиметрических показателей деталей производился по уравнениям регрессии. Общий квалиметрический показатель детали определяется по формуле:

$$K_O = \prod_{i=1}^n K_i, \quad (2)$$

где K_i – частный квалиметрический показатель;

n – количество квалиметрических показателей.

Для деталей, изготавливаемых с применением металлорежущего оборудования, общий квалиметрический показатель вычисляется по формуле:

$$K_O = K_\phi \cdot K_m \cdot K_M \cdot K_R \cdot K_{TO}, \quad (3)$$

где $K_\phi, K_m, K_M, K_R, K_{TO}$ – квалиметрический показатель соответственно геометрической формы детали, массы, материала, шероховатости поверхности, технологических особенностей детали.

Квалиметрический показатель геометрической формы детали рассчитывается как:

$$K_\phi = \ln I \cdot e^{\frac{I_B}{I} - \alpha}, \quad (4)$$

где I – количество размеров, проставленных на чертеже детали;

I_B – количество размеров во внутренних полостях, закрытых углублениях, отверстиях детали;

α – уровень симметричности геометрической формы детали, определяем таблично [3].

Симметричность детали определяется расчетным или приближенным методом по таблицам, построенным на основе квалификационного кода детали. Кодирование деталей производится по классам в соответствии с требованиями классификатора ЕСКД.

Квалиметрический показатель массы детали определяется:

$$\text{- для деталей массой до 1 кг: } K_m = 0,23 + 0,111 \ln(m \cdot 1000); \quad (5)$$

$$\text{- для деталей массой от 1 кг до 30 кг: } K_m = m^{0,368 + 0,0046 \ln m}; \quad (6)$$

$$\text{- для деталей массой свыше 30 кг: } K_m = m^{0,672 - 0,003 \ln m} - 5,809, \quad (7)$$

где m – масса деталей в кг.

Квалиметрический показатель шероховатости обрабатываемой поверхности определяется по одной из ниже приведенных формул:

$$K_R = e^{0,237C - 1,73} \quad \text{или} \quad K_R = R_a^{-0,347}, \quad (8)$$

где C – класс шероховатости поверхности, проставленный на чертеже детали;

R_a – параметр шероховатости поверхности, проставленный на чертеже детали.

Для расчета коэффициента шероховатости следует брать самый низкий параметр шероховатости R_a , проставленный на чертеже детали.

Квалиметрический показатель технологических особенностей рассчитывается по формуле:

$$K_{TO} = e^{\sum d_i}, \quad (9)$$

где d_i – коэффициент i -й технологической операции.

Удельная трудоемкость определяется отношением трудоемкости к общему квалиметрическому показателю изделия, количественно выраженному в квалиштуках или в кваликилограммах:

$$T_q = \frac{T}{K_o}, \quad (10)$$

где T – технологическая трудоемкость в нормо-часах;

K_o – общий квалиметрический показатель изделия, квашт. (квакг.).

Трудоемкость изготовления детали определяется по формуле:

$$T = (K_o \cdot T_q \cdot \sum_{i=1}^m p_i + \sum_{j=1}^l \Delta T) \cdot K_n, \quad (11)$$

где K_o – общий квалиметрический показатель изделия, квашт. (квакг.).

T_q – нормативная удельная трудоемкость определяемая по таблицам [4], нормо-час;

p_i – нормативный коэффициент соотношения трудоемкости по видам выполняемых технологических операций, который определяется таблично [3];

i – количество выполняемых технологических операций;

K_n – поправочный коэффициент на число деталей в партии;

ΔT – трудоемкость операций, вводимых дополнительно по сравнению с предусмотренными технологическими операциями в соответствии с [3].

j – количество технологических операций, вводимых дополнительно по сравнению с предусмотренными технологическими операциями.

Вышеприведенную формулу можно использовать и при определении трудоемкости по видам технологических операций.

Методика определения прогнозной трудоемкости изделий на основе квалиметрического анализа деталей прошла апробацию на примере деталей типа валов.

По результатам расчета 18 деталей были внесены коррективы в нормативы удельной трудоемкости. Для рассматриваемых деталей валы проведены экспертные оценки расчетной трудоемкости по предложенной методике и расчетной трудоемкости по общемашиностроительным нормативам. По их результатам приняты нормативы удельной трудоемкости на одну квалиштуку по классу деталей 71(тела вращения типа валов) в зависимости от исходной заготовки (таблица 1).

Таблица 1 – Нормативы удельной трудоемкости изготовления деталей в условиях экспериментального производства

Код по классификатору ЕСКД	Удельная трудоемкость, нормо-часы на одну квашт. при изготовлении из				
	проката	трубы	поковки штамповки	отливки	листового проката
...					
711210	0,86	0,54	0,78	0,72	0,96
713110; 713210	0,40	0,25	0,37	0,34	0,45
711120; 711230; 713220	4,0	2,5	3,5	3,40	4,44
...	1,14	0,71	1,04	0,76	1,27

Анализ данных предварительного расчета трудоемкости, приведенных в таблице 2 показывает, что соотношение расчетной трудоемкости по общемашиностроительным нормативам ($T_{o,n.}$) к трудоемкости, рассчитанной на основе квалиметрического подхода

($T_{к.п.}$), составляет:

$$\eta_T = \frac{\sum T_{о.н.}}{T_{к.п.}} = \frac{2416}{2152} = 1,12. \quad (12)$$

Таблица 2 – Сводные данные трудоемкости деталей типа валов

Профессия	Трудоемкость		Коэффициент η_T
	$T_{о.н.}$	$T_{к.п.}$	
Токари	988	869	1,14
Фрезеровщики	792	685	1,16
Шлифовщики	636	598	1,06
Итого по участку	2416	2152	1,12

Полученный коэффициент убеждает в возможности применения предлагаемого метода квалиметрии для прогнозирования трудоемкости изготовления нового изделия в условиях мелкосерийного и единичного производства.

Список литературы

1. Бычин В.Б. Нормирование труда. Учебник / В.Б. Бычин, С.В. Малинин. – М.: Экзамен, 2003.–318 с.
2. Марков А. М. Проектирование технологии изготовления отверстий для условий автоматизированного производства деталей из композиционных материалов / А. М. Марков, Н.И.Мозговой, М. В. Доц // Обработка металлов. – 2010. – №3(48).–с. 14–16.
3. Перевощиков Ю.С. Отраслевой руководящий материал. Методика укрупненного расчета трудоемкости на основе квалиметрического анализа деталей, получаемых обработкой резанием в цехах и производствах, работающих в условиях полного хозрасчета.– Ижевск, 1988.

АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЗАМЫКАЮЩИХ ЗВЕНЬЕВ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С ЗВЕНЬЯМИ-НЕСООСНОСТЯМИ

Махова О.А. – магистрант, Панов А.А. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Обеспечение заданной точности изделий при сборке является важнейшей задачей этапа технологической подготовки производства. Это достигается, в частности, выбором соответствующего метода достижения точности замыкающих звеньев размерных цепей. Задачи расчета размерных цепей могут быть статическими и динамическими [1, 2]. Статические задачи решаются без учета факторов, влияющих на изменение параметров звеньев во времени, динамические – с учетом. В соответствии с этим размерные цепи следует также разделять на статические и динамические, а в составе динамических размерных цепей следует выделять звенья статические и динамические.

Типичным и широко распространенным примером динамических размерных цепей являются цепи, в которых составляющими звеньями являются несоосности поверхностей вращающихся деталей. В таких цепях общую погрешность размера замыкающего звена следует разделять на статическую и динамическую составляющие, и задачу сокращения общей погрешности следует решать дифференцированно для названных составляющих. Динамические звенья целесообразно объединять в приведенные звенья, и в состав приведенного следует включать звенья с одинаковой частотой вращения (угловой скоростью). Одинаковая угловая скорость звеньев предполагает неизменность во времени их относительной угловой ориентации. Подобная структуризация динамических цепей позволяет сделать вывод о возможности использования разных методов достижения точности для статической и динамической составляющих, и в динамической составляющей – для отдельных приведенных звеньев.

При методе полной взаимозаменяемости расчет параметров замыкающего звена выполняется по способу максимума – минимума, который предполагает возможность сочетания в одной цепи самых неблагоприятных значений параметров составляющих звеньев. Применительно к динамическим приведенным звеньям это означает, что все несоосности (эксцентриситеты) имеют наибольшие предельные значения и одинаковые фазы. Таким образом, при методе полной взаимозаменяемости деление звеньев на статические и динамические не имеет смысла.

При использовании метода неполной взаимозаменяемости расчеты ведутся вероятностным способом, однако в отношении динамических звеньев – эксцентриситетов учитывается лишь случайный характер их величин. Для получения более точных результатов следует учитывать также и случайное угловое расположение динамических звеньев в составе приведенных.

Следует отметить, что при использовании методов взаимозаменяемости (полной и неполной) повышение точности замыкающего звена возможно лишь за счет ужесточения допусков составляющих звеньев, что, как правило, является экономически нецелесообразным.

Метод групповой взаимозаменяемости может иметь весьма ограниченное применение для размерных цепей, в которых составляющими звеньями являются несоосности поверхностей. Причиной является невозможность сортировки деталей на группы по нескольким параметрам, так как одни точностные параметры детали могут непосредственно являться составляющими звеньями цепи, а другие являются формирующими для следующих звеньев. В то же время, если в составе приведенного динамического звена отдельные составляющие звенья являются параметрами разных деталей, то для таких приведенных звеньев принципы метода групповой взаимозаменяемости применимы. Однако эффективность метода в данном случае невысока. Если для статических размерных цепей теоретически можно достичь любой заданной точности замыкающего звена, увеличивая число групп сортировки, то для динамических приведенных звеньев, как показали исследования, предельная минимальная достижимая величина погрешности составляет половину суммы погрешностей составляющих звеньев.

Метод пригонки в его классической реализации неприменим для повышения точности приведенных динамических звеньев, поскольку физически невозможно изменить величину погрешности относительного расположения поверхностей путем удаления с одной из поверхностей или с обеих слоев материала без изменения размера самих поверхностей.

Метод регулирования для этой цели является вполне приемлемым. Сущность его сводится к тому, что векторам эксцентриситетов следует придать такое относительное угловое расположение, чтобы их векторная сумма была равна нулю, а в графической интерпретации векторы должны образовать замкнутый многоугольник. Это возможно при соблюдении следующего условия: ни одно из составляющих звеньев – эксцентриситетов не должно быть больше суммы остальных входящих в приведенное звено. Задача определения необходимых углов относительного расположения имеет однозначное решение для приведенных звеньев из двух и трех составляющих. При большем числе составляющих звеньев, задача имеет множество решений.

Применение методов регулирования и пригонки для динамических цепей в целом имеет следующие особенности. В качестве компенсатора в таких цепях используют только статические звенья, однако никакое изменение их величины не уменьшит динамическую составляющую общей погрешности замыкающего звена. Поэтому вначале следует оценить величину динамической составляющей, и если она превышает величину допуска замыкающего звена цепи, уменьшить её для всех или части приведенных динамических звеньев одним из ранее рассмотренных методов. Как следует из анализа возможностей методов, наиболее эффективным в общем случае, видимо, является метод регулирования.

Литература

1. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения / И. М. Колесов. – М. : Высш. школа, 2001. – 592 с.
2. РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.

СЕЛЕКТИВНАЯ СБОРКА ИЗДЕЛИЙ С НЕСОВПАДАЮЩИМИ ЗАКОНАМИ РАССЕЯНИЯ РАЗМЕРОВ ЗВЕНЬЕВ

Моисеенко К.Л. - магистрант, Панов А.А. - к.т.н. доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из условий эффективного применения метода групповой взаимозаменяемости (селективной сборки) является идентичность законов рассеяния размеров составляющих звеньев [1, 2]. Наиболее распространенными в машиностроении являются следующие законы рассеяния размеров в партии деталей:

- закон Гаусса (Г);
- закон Симпсона (С);
- закон равной вероятности (РВ).

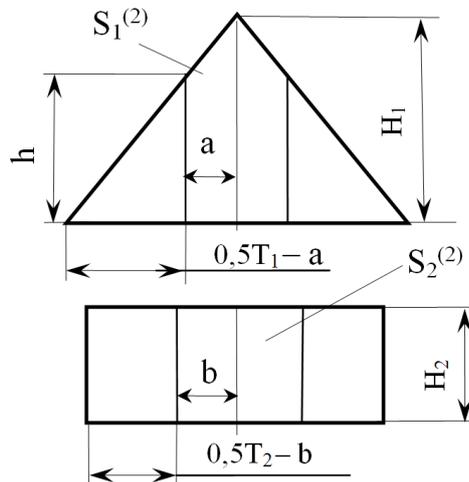


Рисунок 1 – Расчетная схема.

Если детали, входящие в изделие, имеют несовпадающие законы рассеяния размеров, то будет наблюдаться явление некомплекта из-за различия количества деталей, находящихся в группах, что делает практически невозможной селективную сборку.

Для определения границ групп необходимо отказаться от классических условий соотношения допусков и деления их на равные группы. В конечном счете важно выполнить следующие условия:

- 1) одинаковое количество деталей в одноименных группах;
- 2) одинаковую и равную расчетной величину поля рассеяния размеров замыкающего звена во всех группах;
- 3) одинаковое расположение поля рассеяния размеров замыкающего звена относительно номинала во всех группах.

Для примера рассмотрим сочетание законов равной вероятности и закона Симпсона (треугольника) при числе групп сортировки $k=3$ в трехзвенной размерной цепи (рисунок 1).

Согласно условиям, составляем три уравнения:

$$S_1^{(1)} = S_2^{(1)} \quad (1)$$

$$\Delta_{01}^{(2)} = \Delta_{02}^{(2)} \quad (2)$$

$$\omega_1^{(1)} + \omega_2^{(1)} = \omega_1^{(2)} + \omega_2^{(2)} \quad (3)$$

Полная вероятность равна $S=1$.

Для закона Симпсона $S = 0,5T_1 \cdot H_1$, откуда получаем: $H_1 = 2/T_1$; для закона равной вероятности $H_2 \cdot T_2 = 1$, получаем: $H_2 = 1/T_2$.

Решаем условие (1).

Для решения уравнения вводится относительная величина $c = a/T_1$. Из соотношения параметров треугольника, можно составить уравнение $\frac{h}{0,5T_1 - a} = \frac{H_1}{0,5T_1}$, откуда $h = \frac{2}{T_1}(1 - 2c)$.

$$S_1^{(1)} = \frac{h + H_1}{2} a = 2c(1 - c); \quad (4)$$

$$S_2^{(1)} = b \cdot H_2 = b \frac{1}{T_2}. \quad (5)$$

По условию (1) $S_2^{(1)} = S_1^{(1)}$; то есть $b \frac{1}{T_2} = 2c(1 - c)$, откуда получим

$$b = 2c(1 - c)T_2. \quad (6)$$

Решаем условие (2):

Координаты середин групповых допусков:

$$\Delta_{01}^{(2)} = a + (0,5T_1 - a)/2 = \frac{T_1}{4}(2c + 1); \quad (7)$$

$$\Delta_{02}^{(2)} = b + (0,5T_2 - b)/2 = \frac{T_2}{4}(4c(1 - c) + 1). \quad (8)$$

По условию (2):

$$\frac{T_1}{4}(2c + 1) = \frac{T_2}{4}(4c(1 - c) + 1). \quad (9)$$

Необходимое соотношение допусков T_1 и T_2 :

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{(4c(1 - c) + 1)}{2c + 1}. \quad (10)$$

Решаем условие (3):

$$2a + 2b = (0,5T_1 - a) + (0,5T_2 - b). \quad (11)$$

Подставив выражение (1), имеем

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{12c(1 - c) - 1}{1 - 6c}. \quad (12)$$

Из уравнений (9) и (10) получено уравнение третьей степени:

$$-24c^3 + 20c^2 + 6c - 1 = 0. \quad (13)$$

Решив уравнение, получили значение $c = 0,1234149$.

Подставляем его последовательно в (6) и (10), получаем соотношение допусков и границы групп a и b относительно середин полей рассеяния.

Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Параметры звеньев цепи при расчете по предлагаемой методике.

Закон рассеяния размеров		Допуски звеньев		Границы средней группы		Кол-во деталей в группах, %					
						1-е звено			2-е звено		
1-е звено	2-е звено	T_1	T_2	a (1-е звено)	b (2-е звено)	группы					
о	о					1	2	3	1	2	3
С	РВ	1,069 Т	0,931 Т	$\pm 0,124T_1$	$\pm 0,216T_2$	28, 4	43, 2	28, 4	28, 4	43, 2	28, 4

По аналогичной методике решаются задача деления на группы звеньев с иными сочетаниями законов рассеяния их размеров. Проверочные расчеты показали, что поля

рассеяния размеров замыкающего звена одинаковы во всех группах. Одинаковы также и координаты середин полей рассеяния замыкающих звеньев во всех группах.

Выполненные исследования показали принципиальную возможность экономичного применения метода селективной сборки изделий с несовпадающими законами рассеяния размеров составляющих звеньев

Литература

1. Колесов, И. М. Основы технологии машиностроения / И. М. Колесов. – М. : Высш. школа, 2001. – 592 с.
2. РД 50-635-87. Методические указания. Цепи размерные. Основные понятия. Методы расчета линейных и угловых цепей.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ

Сукаева Ф.М. – магистрант, Некрасов В.Н. – к.т.н.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Как правило, для моделирования обработанной поверхности при точении предлагается за основу взять геометрические параметры инструмента и скорость подачи инструмента. Таким образом мы получим профиль поверхности сформированный геометрических копированием профиля инструмента в профиль заготовки.

Но, как известно, помимо микронеровностей получаемых от инструмента, на обработанной поверхности всегда присутствуют микронеровности получаемые в результате пластического течения металла, сколов, вырывов, местных дефектов [2]. Их параметры зависят от свойств обрабатываемого и обрабатывающего материалов, скорости резания, глубины резания, степени износа инструмента и других факторов.

Приближенно, их можно описать треугольниками с разной геометрией. Для их определения предлагается ввести в модель дополнительные параметры, которые будут определять характеристики таких треугольников. Для упрощения модели используются равнобедренные треугольники, чтобы их описать, достаточно знать длину основания и высоту. Также необходимо указать координаты расположения треугольника, которая будет жестко привязана к регулярному профилю. Эти параметры можно получить из геометрического анализа настоящей обработанной поверхности полученной экспериментальным путем при заданных условиях. В результате моделирования должна получиться следующая картина (рис. 1). Учитывая только самый верхний контур, образованный треугольниками, получается ожидаемый, в результате моделирования профиль обработанной поверхности.

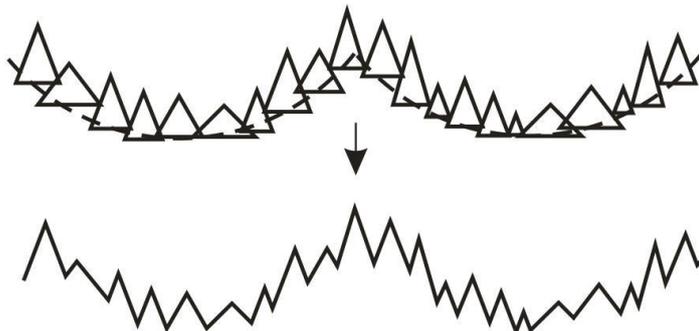


Рисунок 1 – Профиль образованный треугольниками

Такой метод формирования микронеровностей очень хорошо поддается формализации, выражающейся в построении алгоритма (рис. 2). Среди параметров, которые являются исходными данными для моделирования получаемой в результате точения поверхности, должны быть:

- геометрия инструмента;
- режимы обработки;
- обрабатываемый материал;
- инструментальный материал.

Первые два параметра определяют геометрию регулярного профиля, который получается в результате геометрического копирования профиля инструмента в профиль заготовки с учетом кинематики их взаимного движения (пунктирная линия на верхней части рис. 1).

Последние три параметра должны определить пределы случайно изменяющихся характеристик равнобедренных треугольников, вершины которых формируют случайный профиль. Для их расчета сначала выбирается шаг их расположения на регулярном профиле. Затем определяются пределы изменения длины основания и высоты треугольников. После этого можно рассчитать массив характеристик треугольников. Накладывая треугольники на регулярный профиль получим геометрию обработанной поверхности при тчении.

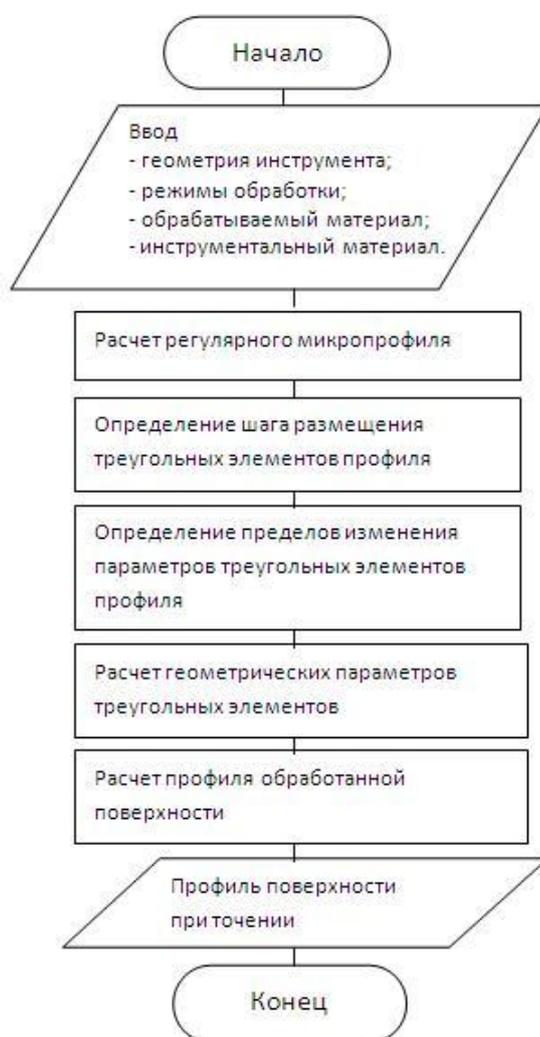


Рисунок 2 – Алгоритм расчета микронеровностей при токарной обработке.

Список литературы

1. Якобсон, М.О. Шероховатость, наклеп и остаточные напряжения при механической обработке / М.О. Якобсон // М.: 1969. 272 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ОБРАБОТКИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Сосов Н.А. – студент, Мозговой Н.И. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В рамках многих научных работ в АлтГТУ на кафедре технологии машиностроения проводились исследования по получению математических зависимостей, устанавливающих взаимосвязи между качеством обрабатываемой поверхности, режимами обработки и акустической эмиссией в зоне резания. При этом для проведения экспериментальных исследований был разработан и сконструирован автоматизированный стенд сбора и обработки информации, включающий в себя: компьютер с АЦП ЛА-70 и звуковой платой, тензостанцию УТ4-1 с тензодатчиками, профилограф-профилометр HOMMEL TESTER W55 R20-300, динамический микрофон [1, 2].

Особенный интерес вызывает обработка получаемых данных акустической эмиссии при экспериментальных исследованиях для чего планируется использовать программное обеспечение на основе самообучающихся нейронных сетей. Но для использования подобных алгоритмов по ряду причин необходимо произвести модернизацию автоматизированного стенда сбора и обработки информации с разделением решаемых задач между микроконтроллером и компьютером. Микроконтроллер должен взять на себя обязанности оперативного сбора информации с датчиков, их оцифровки, а затем передачи на компьютер. На компьютере же планируется осуществить обработку полученных данных и их интерпретацию. Такой способ позволит добиться высокой быстродействия системы, её помехоустойчивости, а так же закладывания возможностей для дальнейшего усовершенствования.

В качестве платы с микроконтроллером планируется использовать аппаратную платформу Arduino, а так же для совместного использования с ней 24 битные АЦП НХ711 с возможностью подключения тензодатчиков, пьезодатчиков, микрофонов, профилограф-профилометров (Рисунок 1). На компьютере планируется организовать обработку получаемых данных с контроллера в программе разработанной в графической среде разработки LabVIEW. Использование данной среды разработки позволит в дальнейшем осуществлять модернизацию полученной программы исследователями плохо знакомыми с программированием. Так же в этой программе планируется реализовать использование самообучающихся алгоритмов на основе нейронных сетей.

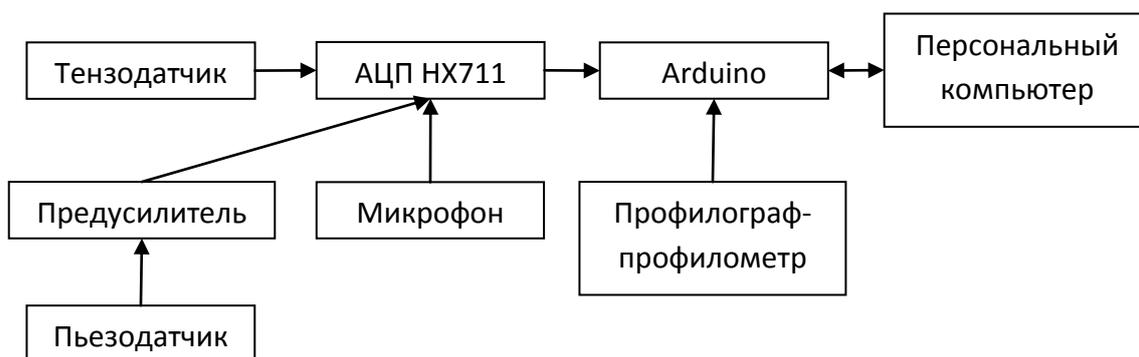


Рисунок 1 – Блок-схема соединения компонентов разрабатываемой системы

Полученный программно-аппаратный комплекс позволит решать задачи автоматизации научных исследований, получения модели процесса обработки на основе нейронных сетей, а затем в перспективе безболезненной интеграции в систему ЧПУ, что позволит в режиме реального времени с помощью обратной связи управлять процессом получения изделий заданного качества.

Литература

1. Мозговой, Н.И. Исследование процесса формирования показателей качества отверстий в деталях из стеклопластика/ Н.И. Мозговой, А.М. Марков. - Ползуновский вестник. Барнаул – 2009. - № 2. - С. 23-27.
2. Мозговой, Н.И. Повышение производительности изготовления деталей из стеклопластика на основе моделирования процесса сверления/ Н.И. Мозговой, Сосов Н.А. - Математическое и экспериментальное моделирование физических процессов : сборник материалов всеросс. заоч. научно-практ. конф., Биробиджан, 25 декабря 2014 г. / под общ. ред. В. Л. Земляка ; Приамур. гос. ун-т. им. Шолом-Алейхема. — Биробиджан: ИЦ ПГУ им. Шолом-Алейхема, 2015. — С. 190-193. ISBN 978-5-8170-0271-3.

ПРИМЕНЕНИЕ САМООБУЧАЮЩЕЙСЯ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ Обложок Д.Н. - аспирант, Кряжев А.Ю. – аспирант, Кряжев Ю.А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Технологии искусственных нейронных сетей являются одним из важнейших направлений современной науки. Они находят широкое применение в различных областях науки и производства. Совершенствование методов и средств прогнозирования качества обработанной поверхности является одной из самых актуальных задач в машиностроении. Совершенствование систем прогнозирования качества обработанной поверхности должно обеспечить : 1. снижение себестоимости обработки за счёт оптимизации режимов резания и максимального использования ресурса работы режущего инструмента; 2. повышение качества обработанной поверхности деталей путём корректировки в режиме реального времени работы исполнительных органов станка и величины износа инструмента; 3. надёжность процесса резания за счёт своевременной замены инструмента.

Процесс резания недоступен для непосредственного измерения (в режиме реального времени) качества обработанной поверхности и состояния режущего инструмента, поэтому существует множество методов измерения этих параметров, основанных на анализе сигналов акустической эмиссии, виброакустических сигналов, электропроводимости контакта инструмент – деталь, силы резания и др. Алгоритм прогнозирования качества обработанной поверхности в режиме реального времени должен учитывать следующие факторы: информативность используемых параметров; нестационарность и нелинейность параметров процесса резания; неоднородность свойств материала обрабатываемой детали и режущего инструмента. В данном случае физическими факторами воздействия на износ инструмента и качество обработанной поверхности являются определённые функции, которые выполняют элементы технологической системы: станок; инструмент; станочное приспособление; деталь. Важнейшим звеном технологической системы в формировании износа режущего инструмента и микропрофиля обрабатываемой поверхности является звено деталь – режущий инструмент. Проведённые исследования по изучению связи между видом технологического процесса, износом инструмента и характеристиками качества обработанной поверхности показывают, что наиболее универсальным высокоинформативным параметром, отражающим условия протекания процесса резания в режиме реального времени являются волны механических напряжений, генерируемые в зоне механической обработки и распространяющиеся по всем элементам технологической системы. Регистрация и обработка волн напряжений может осуществляться методом, основанном на приёме сигналов акустической эмиссии, который успешно используется в решении технологических задач, связанных с обработкой материалов резанием [1,2].

Целью данной работы является разработка методики прогнозирования качества обработанной поверхности на базе нейронной сети. В данной работе предлагается методика построения системы прогнозирования на базе программного пакета Matlab, который

используется во многих научно-исследовательских разработках и позволяющий в достаточно простой форме реализовать нейронные сети [3]. Рассмотрим задачу оценки параметров прогнозирования (качества обработанной поверхности на заданных режимах резания): $Y=\{Y_1, Y_2, \dots, Y_N\}$ по текущим косвенным значениям параметров сигнала акустической эмиссии: $X=\{X_1, X_2, \dots, X_K\}$, поступающих от пьезокерамического датчика, расположенного вблизи зоны резания.

После запуска системы Matlab в командной строке требуется ввести команду `nntool`, которая вызовет окно ввода данных и создания нейронной сети (Neural Network/Data Manager). Нажатие на кнопку `New` открывает окно создания нейросети или данных (Create Network or Data). После выбора вкладки `Data` в поле `Name` необходимо ввести новое имя входных данных «Р»(параметры режима резания), а в поле `Value` сами значения входных данных: [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9], в которых числа 1...6 являются кодом параметров режимов резания. В графе `Data Type`, справа от поля `Value`, необходимо выбрать тип данных `Inputs`. Нажатием кнопки `Create` создаются новые данные в окне `Neural Network/Data Manager` в поле `Input Data`, но окно создания нейросети или данных по прежнему остается открытым. Следующим шагом является изменение имя данных («Т») и ввод целей, которые представляют собой массив 3x3, содержащий в себе шероховатость определенную экспериментальным путём на выбранных режимах резания. Данные вводятся вручную. После этого справа выбирается тип данных `Targets`. Нажатием кнопки `Create` создаются новые данные цели.

Последним шагом в данной методике является создание самой нейронной сети. В окне `Create Network or Data` необходимо перейти на вкладку `Network` и изменить имя будущей сети на «network». Тип сети определяется по умолчанию `Feed-forward backprop`, в графах «входные данные и цели» в списке выбрать введенные прежде данные « Р и Т». После нажатия `Create` создается новая нейронная сеть с выбранными входными параметрами.

Следующий этап — обучение и тренировка сети. Двойной щелчок левой кнопкой мыши по созданной нейронной сети `network` в окне менеджера `Neural Network/Data Manager` открывает окно работы с сетью. На вкладке `View` представлена сама нейронная сеть. Переходом на вкладку `Reinitialize Weights`, где в графе `Input Ranges` выбираются входные данные «Р» из списка `Get from input`. Затем последовательное нажатие кнопок `Set Input Ranges` и `Initialize Weights` позволяет нам инициализировать веса, необходимые для инициализации всей сети.

Следующий шаг — обучение сети. Переходом на вкладку `Train` открывается окно обучения, в котором на месте входных данных и целей выбираются данные «Р и Т» соответственно. Справа в графе результатов обучения (`Training Results`) необходимо поменять имя выходных данных (`Outputs`) и ошибок (`Errors`) на «О и Е» соответственно. Затем, нажатием кнопки `Train Network` начнется обучение сети, процесс которого можно наблюдать в окне `Neural Network Training`. После окончания обучения окно можно закрыть.

После того, как обучение закончилось в окне менеджера `Neural Network/Data Manager` появились два типа данных: `Output Data` «О» и `Error Data` «Е». Двойной щелчок по данным «О» открывает окно с выводом данных прогнозируемой шероховатости. Нажатием кнопки `Export` в окне менеджера, а затем повторным нажатием `Export` во вновь открывшемся окне можно перенести полученные данные «О и Е» в рабочую область Matlab, где они будут представлены в более презентабельном виде.

Покажем скриншоты с рабочей области Matlab, на которых изображены таблица значений, которые были известны изначально, «Т» (рисунок 1), таблица полученных значений «О» (рисунок 2) и таблица ошибок «Е» (рисунок 3).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6.3600	4.7200	4.4100							
2	3.5900	3.1100	4.6700							
3	4.5500	5.2800	6.0100							
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Рисунок 1. Таблица первичных данных, «Т»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	6.3475	4.4100	4.4103							
2	3.1158	4.6695	4.6677							
3	4.5511	6.0100	6.0100							
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Рисунок 2. Таблица полученных данных, «О»

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.0125	0.3100	-0.0030							
2	0.4742	-1.5595	-0.0770							
3	-0.0011	-0.7300	1.1660e-08							
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Рисунок 3. Таблица ошибок, «Е»

После обучения сети можно переходить к прогнозированию данных. Обучаясь, нейросеть формирует некоторый навык решения неформализованной задачи классификации или прогнозирования. Этот навык можно оценить при помощи тестовой выборки – если точность решения тестовых задач достаточна с точки зрения пользователя, то полученная нейросеть может в дальнейшем использоваться в составе нейросетевой экспертной системы для решения задачи.

Таким образом, применение нейронных сетей, являющихся мощной вычислительной системой для диагностики износа режущего инструмента и прогнозирования качества обрабатываемой поверхности с использованием метода акустической эмиссии, позволяет рассмотреть все возможные функциональные связи в технологической системе режущий инструмент – деталь, а на основе обучающей выборки по результатам экспериментальных исследований и базы данных с накопленной статистической информацией подобных

исследований решить задачу обеспечения и управления качества обрабатываемой поверхности и надёжности режущего инструмента при металлообработке.

Литература

1. Кряжев Ю.А., Огневенко Е.С. Исследование колебательных процессов, возникающих при работе спирального сверла, с применением анализа акустического сигнала. «Технология машиностроения», - 2008.- №1 - С.28-29.
2. Кряжев Ю.А. и др. Прогнозирование шероховатости при иглофрезеровании методом акустической эмиссии (статья). Вестник Алтайской науки. - №2-1.- 2013.- С. 30-33.
3. Афанасьева М. А. Создание и обучение нейронных сетей в системе Matlab [Текст] / М. А. Афанасьева // Молодой ученый. — 2014. — №4.

КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

Иванов Н.В. – магистрант, Бувич В.Н. – к.т.н., доцент

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Контроль качества продукции – обязательная составляющая любого производственного процесса, которая направлена на обнаружение брака или дефектов готовой продукции и проверку процесса ее изготовления. Методы контроля качества применяются на всех стадиях производства, начиная с проверки материалов и сырья и заканчивая контролем соответствия готового продукта техническим параметрам.

Техническое зрение сегодня стало неотъемлемой частью жизнедеятельности человека. Техническое зрение - это применение компьютерного зрения для промышленности и производства. Областью интереса технического зрения являются цифровые устройства ввода/вывода и компьютерные сети, предназначенные для контроля производственного оборудования. Системы выявления брака продукции надежно закрепили свои позиции в промышленном секторе.

Работа системы технического зрения включает три основные операции:

1. Получение (захват) изображения;
2. Обработка и анализ изображения;
3. Передача результатов обработки в систему управления технологическим процессом;

Техническое зрение позволяет решать множество задач, но все их условно можно разделить на четыре группы:

1. Распознавание положения. Цель технического зрения в данном применении - определение пространственного местоположения (местоположения объекта относительно внешней системы координат) или статического положения объекта (в каком положении находится объект относительно системы координат с началом отсчета в пределах самого объекта) и передача информации о положении и ориентации объекта в систему управления или контроллер.

2. Измерение. В приложениях данного типа основная задача видеокамеры заключается в измерении различных физических параметров объекта.

3. Инспекция. В приложениях, связанных с инспекцией, цель технического зрения - подтвердить определенные свойства объекта.

4. Идентификация. В задачах идентификации основное назначение видеокамеры - считывание различных кодов (штрих-кодов, 2D-кодов и т. п.) с целью их распознавания средствами камеры или системным контроллером, а также определение различных буквенно-цифровых обозначений.

Простейшая система технического зрения состоит из видеокамеры, линз, подсветки и объекта, а также оборудования ввода/вывода или каналы связи для доклада о полученных

результатах. Кроме того, важна и программная составляющая систем технического зрения, а именно программное обеспечение для подготовки изображений к обработке.

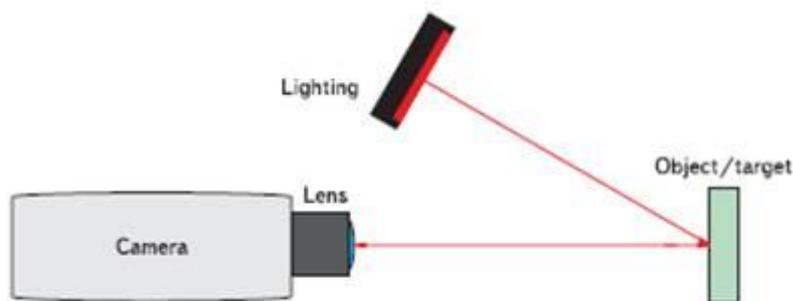


Рисунок 1 - Состав системы технического зрения

Матрица чувствительных элементов, входящих в состав видеокамеры, предназначена для получения цифрового изображения. В состав матрицы чувствительного элемента входит множество аналого-цифровых преобразователей, предназначенных для преобразования информации о световой интенсивности в цифровое значение.

Объектив позволяет камере фокусироваться на определенном расстоянии и получать четкое изображение объекта. В случае, когда объект находится вне фокусного расстояния, изображение получается нерезким (размытым, с нечеткими краями), что ухудшает возможность обработки видеоряда. В отличие от обычных цифровых фотоаппаратов с объективами, поддерживающими функции автофокусировки, в техническом зрении применяется оптика с фиксированным фокусным расстоянием или ручной настройкой фокуса. Существуют различные типы объективов для самых разных задач (стандартные, телескопические, с широким углом обзора, с увеличением и другие), и выбор правильного типа оптики - важный этап при проектировании системы технического зрения.

Подсветка - еще один важный элемент в техническом зрении. Благодаря использованию различных типов освещения можно расширить круг задач, решаемых техническим зрением. Существует различные типы подсветок, но наиболее популярным является светодиодная - в связи с ее высокой яркостью. При этом современный уровень развития светодиодной техники обеспечивает большой срок службы устройства и малое энергопотребление.

Изображение, полученное с камеры, попадает в захватчик кадров или в память компьютера. Захватчик кадров - это устройство, которое преобразует выходные данные с камеры в цифровой формат (как правило, это двумерный массива чисел) и размещает изображения в памяти компьютера, так чтобы оно могло быть обработано с помощью программного обеспечения для технического зрения.

Программное обеспечение, как правило, совершает несколько шагов для обработки изображений. Часто изображение для начала обрабатывается с целью уменьшения шума или конвертации множества оттенков серого в простое сочетание черного и белого. После первоначальной обработки программа будет считать, производить измерения и/или определять объекты, размеры, дефекты и другие характеристики изображения. В качестве последнего шага, программа пропускает или забраковывает деталь в соответствии с заданными критериям. Если деталь идет с браком, программное обеспечение подает сигнал механическому устройству для отклонения детали; другой вариант развития событий, система может остановить производственную линию и предупредить человека работника для решения этой проблемы, и что привело к неудаче. Хотя большинство систем технического зрения полагаются на «черно-белые» камеры, использование цветных камер становится все более распространенным явлением. Кроме того, все чаще системы технического зрения используют цифровые камеры прямого подключения, а не камеры с отдельным захватчиком кадров, что сокращает расходы и упрощает систему.

Достоинства технического зрения:

1. Позволяет автоматизировать технологический процесс.

2. Исключает человеческий фактор.

3. Высокое быстродействие.

4. Бесконтактность измерения.

Недостатки:

1. Нет единых стандартов на оборудование и программные интерфейсы

2. Невозможность использовать программное обеспечение системы разных производителей.

Список использованных источников:

1. В.И. Сырякин, В.С. Титова, Р.М. Галиулин. Системы технического зрения: Справочник. Томск: МГП "РАСКО", 1992. 367с.: ил.

2. В.И. Мошкин, А.А. Петров, В.С. Титов, Ю.Г. Якушенков. Техническое зрение роботов. 1990. 272с.: ил.

3. Википедия.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ РЕЗАНИИ МАТЕРИАЛОВ С НЕОДНОРОДНЫМИ СВОЙСТВАМИ ПО ТОЛЩИНЕ СРЕЗА

Лыткин В.А. - студент, Ятло И.И. - к.т.н., доцент, Буканова И.С. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Современное машиностроение в связи с развитием конструкционных материалов и существенным увеличением в них доли материалов, относящихся к категории труднообрабатываемых (высокопрочных, нержавеющей, жаростойких и т.п.), требует от процессов механической обработки материалов еще более высоких производительности и качества обработанной поверхности, внедрения высокоэффективных технологий, оборудования и инструментов.

Сложной задачей является изучение процесса резания в условиях, для реализации которых обрабатываемые системы или их элементы лишь создаются, например, для высокоскоростного и сверхвысокоскоростного резания, резания инструментами из новых инструментальных материалов, с новыми покрытиями и с новой геометрией режущей части, обработки новых или усовершенствованных конструкционных материалов, обработки с предварительным упрочнением поверхности резания и т.п. Решение этих задач может быть существенно ускорено путем применения моделирования рабочих процессов резания.

Уже достаточно успешно применяемые в научной и производственной практике современные модели процессов резания, созданные на основе как экспериментальных, так и аналитических исследований, не могут для заданных конкретных условий, отличных от тех, для которых они созданы, считаться (за редким исключением) прогнозирующими показатели процессов механической обработки (качества обработанной поверхности, прочности и стойкости режущего инструмента, производительности и себестоимости обработки и др.) без каких-либо дополнительных экспериментальных исследований.

Существенные усилия ученых, особенно в последние годы, направлены на решение задачи моделирования процесса резания. Используются аналитические, экспериментальные методы, имитационные методы на основе метода конечных элементов (МКЭ) и методы искусственного интеллекта [1]. В этих условиях метод конечных элементов имеет преимущество, благодаря своей универсальности, наглядности и информативности. Среди задач, которые могут быть решены этим методом, следует назвать задачи математического моделирования процесса пластической деформации, т.е. моделирования процесса стружкообразования, оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) режущего клина (лезвия) и на этой основе оптимизации конструктивных элементов и условий эксплуатации режущего инструмента, оценки остаточных напряжений в обработанной

поверхности, прогнозирования скорости износа, а, следовательно, стойкости инструмента и др.

В данной работе была поставлена задача прогнозирования формы стружки, распределения напряжений и деформаций в заготовке и инструменте при прямоугольном резании предварительно упрочнённой стали инструментом из СТМ.

Для решения этой задачи должны быть заданы следующие исходные данные:

- а) геометрия инструмента: γ , α , ρ по ГОСТ 25762;
- б) элементы режима резания: V , S , b , причем для свободного прямоугольного резания $a = S$;
- в) реологическая модель обрабатываемого материала;
- г) модель трения.

Как показано в работе [2], процесс резания в общем случае является нестационарным процессом и, следовательно, задача его моделирования также должна решаться во времени. В этом случае решение методом КЭ предполагает временную дискретизацию. Обзор литературы показал, что от выбора метода временной дискретизации существенно зависит не только время решения задачи, но и численная устойчивость решения. Известно два метода временной дискретизации: явный и неявный (табл.1).

Таблица 1 - Методы временной дискретизации, реализованные в коммерческих программных продуктах КЭ прочностных расчетов или используемые для КЭ моделирования процесса резания

Явный	Неявный
LS-DYNA	ANSYS
ABAQUS-Explicit	ABAQUS-Implicit
AdventEdge	MSC. Marc
	DEFORM2D

Явный метод временной дискретизации является условно-стабильным, т.е. решение есть всегда, если шаг по времени меньше критического периода времени, т.е. времени, необходимого звуковой волне для прохождения наименьшего КЭ. Это быстрый метод, но скорость вычислений ограничена шагом по времени. Решение методом явной временной дискретизации динамическое, т.е. перемещения рассчитываются из уравнения второго закона Ньютона. Это эффективный метод, поскольку матрица масс всегда собрана и поэтому нет необходимости решать систему уравнений для ее сборки. Очевидно, это более затратный метод для моделирования установившегося стружкообразования, но является наиболее эффективным при решении высоконелинейных задач динамики, и особенно в тех случаях, когда можно пренебречь инерционными силами. При этом увеличение шага по времени можно достичь искусственным увеличением плотности материала.

Шаг по времени в методе неявной временной дискретизации определяется только желаемой точностью получаемого решения и условием сходимости. Однако требуется решение системы уравнений, часто нелинейных, что может приводить иногда к численной неустойчивости. Для решения системы уравнений широко используется метод Ньютона-Рафсона, который может использоваться как с учетом, так и без учета инерции, т.е. без учета второго закона Ньютона. Такой метод временной дискретизации наиболее подходит для моделирования процесса установившегося стружкообразования.

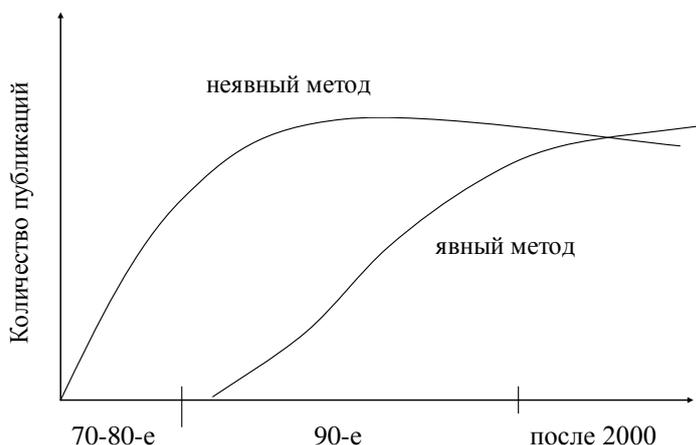


Рисунок 1 – Тенденции в использовании методов временной дискретизации для моделирования процесса резания

Проведенный авторами анализ литературных источников свидетельствует о том, что неявный метод временной дискретизации для моделирования процессов резания имел преимущественное применение в 90-х годах прошлого века, а в настоящее время исследователи отдают предпочтение явному методу временной дискретизации (рис. 1). В связи с этим в данной работе был использован именно явный метод временной дискретизации.

Литература

1. Артамонов Е. В. Исследование напряжений, деформаций и прочности сменных режущих пластин методом конечных элементов / Е. В. Артамонов, Т. Е. Помигалова, М. Х. Утешев. – Тюмень : ТГНУ, 2002. – 140 с.
2. Залого В. А., Криворучко Д. В. Классификация факторов, определяющих нестационарность процессов резания, и их влияние на выходные параметры механической обработки // Вестник ХГПУ: Серия НРСТ. - Харьков: ХГТУ, 2000. - Вып. 77. - С. 35- 38.
3. Бобров Б. Ф. Основы теории резания металлов / Б. Ф. Бобров. – М. : Машиностроение, 1975. – 344 с.
4. Васин С. А. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании / С. А. Васин, А. С. Верещака, В. С. Кушнер. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 448 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ПРОЦЕССОВ, СОВМЕЩАЮЩИХ ДОРНОВАНИЕ ОТВЕРСТИЙ С ЗАПРЕССОВКОЙ ВТУЛОК В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ DEFORM-3D

Григорян А.С. - студент, Ягло И.И. - к.т.н., доцент, Буканова И.С. - к.т.н., доцент,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для повышения эффективности технологических процессов дорнования необходимо иметь модель напряженно – деформированного состояния (НДС), формирующегося в результате обработки. С распределением остаточных деформаций и напряжений связаны эффективность обеспечения точности деталей и качества их поверхностного слоя.

Модель НДС должна обеспечивать возможность прогнозирования остаточных напряжений и деформаций (ОНД) с учетом начального напряженно-деформированного состояния, имевшегося в заготовке перед обработкой. Изменение НДС цилиндрических деталей при дорновании отверстий происходит в результате упруго - пластического деформирования. Решение подобных задач рассматривалось Проскураковым Ю.Г.,

Мазеиным П. Г. Современные методы прогнозирования остаточных деформаций при упруго-пластическом деформировании базируются на основных положениях теории упругости. Большая часть этих методов носят эмпирический характер. Решение задач в упругопластической области трудоёмко, т.к. требует умения решать математические задачи высокого уровня.

Разработка комплексного подхода для решения задач в упруго-пластической области, с целью минимизации затрат времени при решении практических задач путем компьютерного моделирования, становится актуальным. В данной работе предлагается решение задачи применительно к операции дорнования корпуса неподвижного соединения с одновременной запрессовкой втулки. Целью работы является разработка решения задачи по определению остаточных деформаций в упругом неоднородном цилиндре, нагруженном равномерным внутренним давлением.

DEFORM - система конечно-элементного (КЭ) моделирования, которая предназначена для анализа трехмерного течения металла при различных процессах обработки металла давлением. DEFORM - практичный и эффективный инструмент, позволяющий прогнозировать характер формообразования при операциях поверхностного пластического деформирования (ППД) металлов без существенных затрат на экспериментальное исследование.

Благодаря моделированию процессов ППД на ЭВМ программный комплекс DEFORM также позволяет пользователям:

- снизить долю затрат на испытания и модернизацию процессов и оснастки;
- усовершенствовать конструкцию инструмента, чтобы уменьшить стоимость его производства и расход материала;
- сократить затраты по времени от начала проектирования до внедрения готового решения.

Очень важную роль в достижении требуемой точности решения задачи играет задание достоверных и приближенных к реальным условиям данных о свойствах материалов соединения (табл. 1).

Таблица 1 – Свойства материалов соединения.

Деталь соединения	Материал	Модуль упругости E , МПа	Коэффициент Пуассона, μ	Твердость НВ
Втулка	Врасс-СДА-110 (BrO5Ц5С5)	88300	0.33	57
Корпус	AISI-1045 (сталь 45)	200000	0.30	187

При дорновании корпуса с одновременной запрессовкой втулки натяг запрессовки обеспечивается за счет упругой деформации отверстия корпуса. Размеры дорна и деталей соединения при моделировании приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Размеры дорна и деталей соединения при моделировании

	Тест 1	Тест 2	Тест 3
Диаметр дорна, мм	25.184	25.25	25.31
Диаметр втулки, мм	25.184	25.25	25.31
Диаметр корпуса, мм	25,0	25,0	25,0
Натяг дорнования, мм	0,184	0,250	0,310

На рисунке 1 представлено создание геометрии соединения при дорновании отверстия в корпусе с одновременной запрессовкой втулки. Детали соединения и инструмент можно импортировать из внешних источников, предварительно создав в пакете твердотельного моделирования, например, SolidWorks.

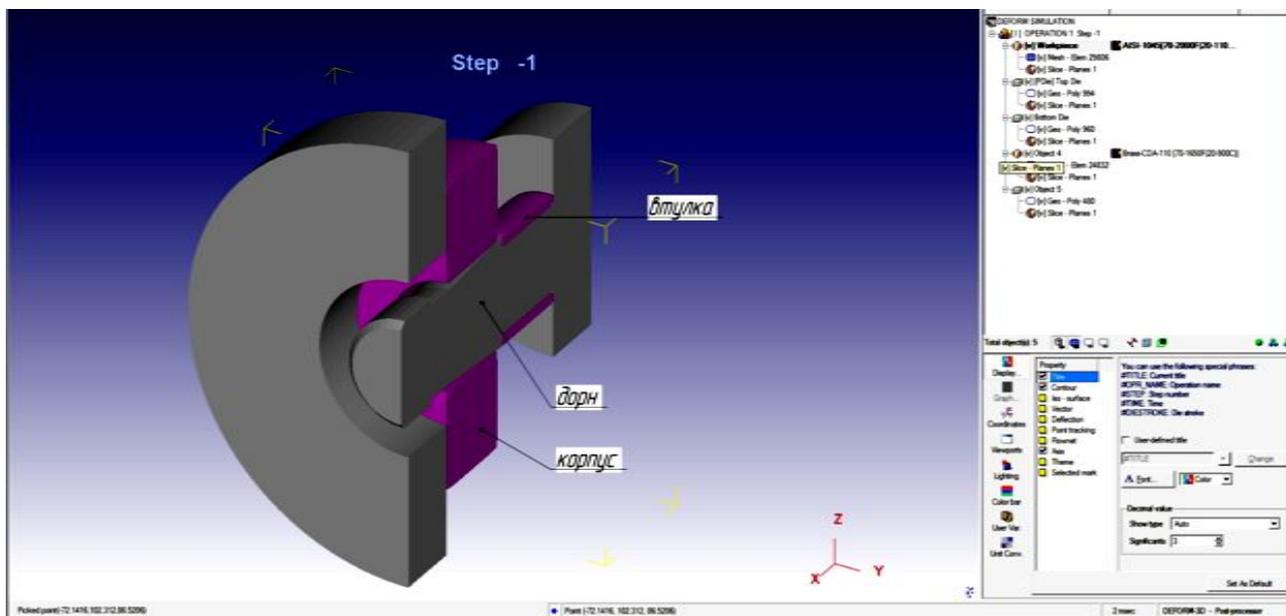


Рисунок 1 - Создание геометрии соединения при дорновании отверстия в корпусе с одновременной запрессовкой втулки

Полученная геометрия используется для создания сетки КЭ заготовок, а также для определения рабочих поверхностей инструмента (дорна).

На экране (**MainWindow**) отображается сразу несколько типов информации:

1. Визуализация процесса ППД, включая изменение геометрии объектов или их сетки КЭ (рис. 2);
2. Нанесение на объекты эпюр напряжений, деформаций и т.д. с выводом шкалы значений (рис. 2);
3. Вывод графиков зависимости параметров процесса от времени или шага расчета (рис. 3).

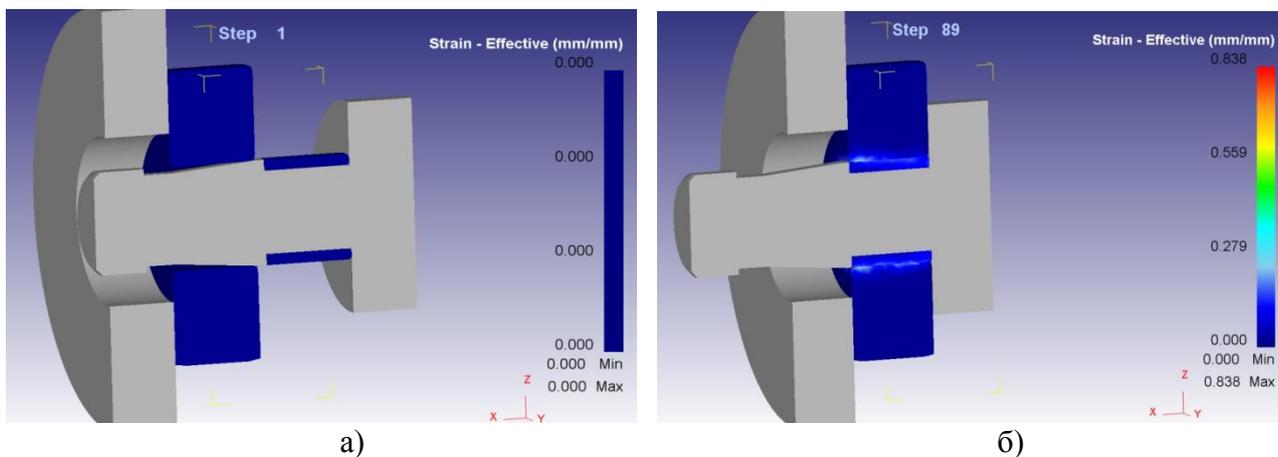


Рисунок 2 - Изменение геометрии объектов на первом (Step 1) – (а) и последнем (Step 89) – (б) шаге моделирования

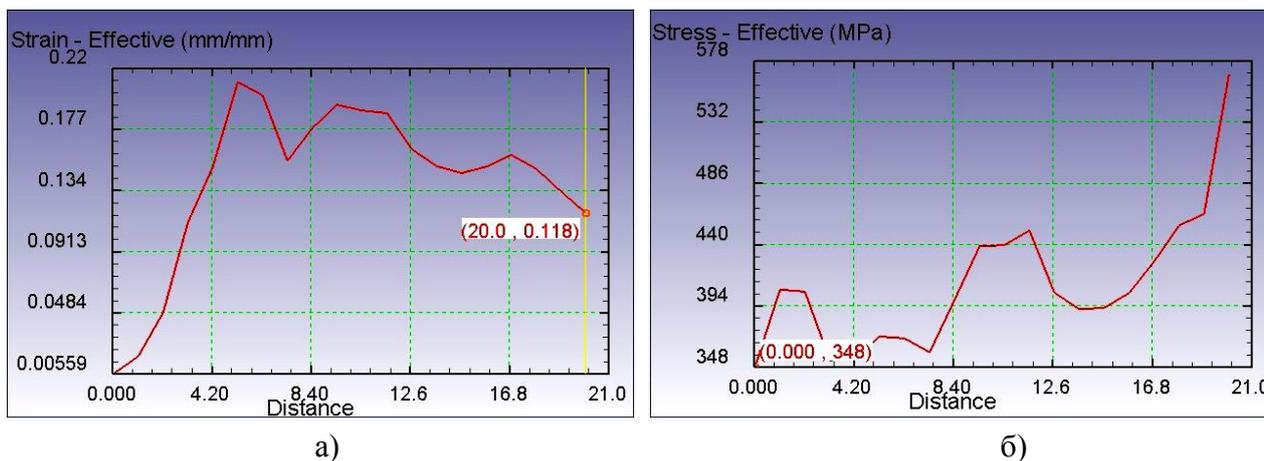


Рисунок 3 – Распределение деформаций (а) и напряжений (б) по длине соединения для условий теста 1.

Когда выполнены все предварительные условия для начала расчета, можно начинать процесс создания файла базы данных (**Database**), который будет уже использоваться в программе **Simulator** (Процессор).

Постпроцессор (**PostProcessor**) используется для анализа результатов, полученных после выполненных расчетов в Процессоре. Постпроцессор позволяет наблюдать за происходящими изменениями в заготовке, а также анализировать напряженно-деформированное состояние объекта и другие параметры процесса. С помощью Постпроцессора можно также получить графические и числовые данные для дальнейшего использования в других приложениях.

Значения напряжений и деформаций в соединении, полученные по результатам компьютерного моделирования в программном комплексе DEFORM-3D, показали хорошую сходимость с результатами аналитического расчёта и экспериментальными данными, но без существенных затрат на экспериментальное исследование и решения трудоёмких математических задач высокого уровня.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПОВЕРХНОСТНОМ ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Иваньков А.Г. - студент, Буканова И.С. - к.т.н., доцент, Ятло И.И. - к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Среди широко применяемых методов окончательной обработки только поверхностное пластическое деформирование обеспечивает оптимальное качество поверхностного слоя. Его применяют для обработки наиболее тяжелонагруженных деталей машин и механизмов. Инструментами при ППД могут быть ролик, шар с принудительной осью вращения и без неё, дорн, боёк - чекан и т.д. В качестве рабочих тел при ППД используется дробь, шарики из стали, стекла и др. Материалы для инструментов, применяемых при ППД должны иметь более высокие физико-механические свойства, чем материалы обрабатываемых деталей. Они должны обладать следующими основными свойствами: высокой твердостью; способностью сопротивляться истиранию и ударным воздействиям при обработке ударными методами ППД; высоким пределом прочности на сжатие; низким коэффициентом трения по металлу; большой теплопроводностью и теплоемкостью; способностью обрабатывать поверхность до получения минимальной шероховатости; высокой антиадгезионной способностью. Особенности каждого метода ППД отражают также требования к инструментам и рабочим телам.

Шары и ролики, используемые для ППД, изготавливают из подшипниковых сталей ШХ15, ШХ15СГ, ШХ20СГ, 18ХГТ, 20Х2Н4ВА; в особых случаях можно применять коррозионо-

стойкие стали 11X18M, 95X18, а также теплоустойчивую вольфрамованадиевую сталь 8X4B9Ф2.

В качестве материала для ударных и некоторых других инструментов применяют следующие инструментальные стали: высокой теплостойкости - У10, У10А, нормальной теплостойкости - Р18, Р6АМ5; повышенной теплостойкости - Р6М5К5, Р9М4К8, Р9К5, а также сплавы, обладающие высокой теплостойкостью.

Инструмент для дорнования, а также в некоторых случаях обкатные ролики, гладилки и другие инструменты изготавливают из твердых сплавов. Твердые сплавы, обладая рядом преимуществ, в то же время хуже воспринимают ударные и изгибные нагрузки по сравнению с инструментальными и подшипниковыми сталями. Твердые сплавы применяют в зависимости от эксплуатационных нагрузок:

- при изнашивании, отсутствии ударных нагрузок - ВК6;
- при изнашивании с легкими ударами - ВК8;
- при изнашивании с тяжелыми ударами – ВК10;
- при ударе слабой интенсивности - ВК15;
- при ударе умеренной интенсивности - ВК20;
- при тяжелых ударных нагрузках - ВК25.

Сплавы, содержащие 10 % Со и менее, из-за хрупкости применять нецелесообразно, так же как сплавы, содержащие более 30 % Со, вследствие их ускоренного изнашивания. Твердые сплавы различают по зернистости и виду их обработки, что позволяет в различных случаях применять сплавы одного и того же химического состава, но с различным размером зёрен.

Основные характеристики подшипниковых и инструментальных сталей, используемых для инструментов рабочих тел

Характеристика	ШХ15	ШХ15С	18ХГТ	20Х2Н4В	95Х18	Р18	Р6АМ5	Р6М5К5	Р9К5
σ_B , МПа	2800-2600	2800-3000	1000-1100	1200-1300	700-800	2600-3000	3200-3600	2600-3000	2300-2700
HRC	61-63	61-63	50-62	56-60	55-57	63-65	64-66	65-67	64-66
Максимальная рабочая температура	700	720	500	400	350	615	620	635	640

Характеристики физико-механических свойств твёрдых сплавов

Сплав	Размер WC-фазы, мкм	Коэрцитивная сила	Твёрдость HRA	σ_B		Предельная деформация, %
				МПа	МПа	
ВК10-С	2-3	100-140	87,5	1900	4300	1,6
ВК15-С		90-110	86,5	2000	3900	2,5
ВК20-С		80-90	84,5	2300	3400	4,5
ВК25-С		70-80	82,5	2400	3000	6,5
ВК10-КС	3,5-4,2	70-90	87	1900	4000	2,1
ВК15-КС		50-70	86	1950	3600	4,5
ВК20-КС		30-50	82	2150	3000	6,8
ВК20-К	6-8	25-30	80	1700	2400	10,0

Характеристики физико-механических свойств алмаза и инструментальных материалов

Материал	Плотность г/см ²	Твёрдость по Моосу	Микро- твёрдость, ГПа	Предел прочности, ГПа	
				На изгиб	На сжатие
Алмаз	3,49-3,54	10	100	0,3	2
Карбид кремния	3,2	9	33-36	0,05-0,15	1,2
Тв.сплав ВК10С	14,4-15,0	-	20-28	1,8-2,0	4,2-4,5
Сталь Р18(закаленная)	8,5-8,7	-	13-14	2,6-3,0	3,6

В ГОСТ 3882 и ГОСТ 10284 даны рекомендации по применению твердых сплавов для инструментов, используемых на операциях холодной высадки и выдавливания, которые можно учитывать и при создании инструмента для ППД: стойкость инструментов из сплава ВК20К. в несколько раз выше стойкости инструментов из сплава ВК20, работающих в условиях силового истирания, а инструменты из сплавов ВК10 и ВК20КС имеют усталостную прочность в 2-3 раза больше, чем инструменты из сплавов ВК10 и ВК20.

Алмаз имеет лучшие физико-механические свойства, чем другие материалы. Для изготовления выглаживателей используют природные и синтетические алмазы. Синтетические алмазы с размером зерна более 3 мм в виде поликристаллов получили название «баллас» (АСБ) и «карбонадо» (АСПК) по аналогии с наименованиями соответствующих природных алмазов. Особенность их структуры обеспечивает изотропность физико-механических свойств, что дает возможность инструменту работать с переменными нагрузками. Алмазы АСБ имеют шаровидную форму с четко выраженной радиально-лучистой структурой, размеры их зерен достигают 6 мм.

Алмазы АСПК имеют форму цилиндра диаметром 2 - 4,5 мм и высотой 2 - 5 мм. Структура их также радиально-лучистая» но более совершенная.

Для обработки дробью и вибрационной ударной обработки используют стальные и стеклянные шары, дробь различной грануляции, изготовленную из различных материалов. Главным образом, применяют дробь из отбеленного чугуна следующего состава: 3,26 % С; 0,57 % Мп; 2,72 % Si (*HRC* 62 - 64).

Для изготовления проволочных щеток используют в основном углеродистую пружинную проволоку диаметром 0,2-1,0 мм (ГОСТ 3875, ГОСТ 9389).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Дыбайло А.В. – магистрант, Черданцев А.О. – инженер, Черданцев П.О. – к.т.н., ст. преп.
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Обеспечение заданного качества изделий с наименьшей себестоимостью механической обработки всегда являлось одной из важнейших задач машиностроения. Характерной чертой текущего состояния машиностроительной отрасли является увеличение доли предприятий малого и среднего бизнеса, работающих в условиях единичного и мелкосерийного производства. Для таких предприятий выгодно использовать многофункциональные четырёх- и пятикоординатные станки с ЧПУ, обладающие значительной технологической гибкостью. Ключевым недостатком таких станков выступает их высокая стоимость по сравнению с трёхкоординатными станками.

Тем не менее, успешность предприятия на рынке в значительной мере зависит от широты номенклатуры выпускаемых изделий. Поэтому проблема повышения технологической гибкости станков является актуальной. В частности, представляется перспективной возможность повышения технологической гибкости трёхкоординатных станков, как новых, так и уже эксплуатирующихся, путём оснащения их дополнительным

программно управляемым модулем (управляемой головкой-шпинделем), реализующим четвёртую координатную ось.

Четырёхкоординатные станки позволяют осуществлять фрезерную обработку не только плоских поверхностей и уступов, но и различных поверхностей вращения, кулачков, винтовых пазов и т. п. Фрезерование становится всё более универсальным методом обработки, доля его применения увеличивается с развитием инструмента и станочного парка.

В частности, получает распространение так называемое ротационное фрезерование (ротационная обработка) – фрезерование поверхности детали при её вращении вокруг собственной оси. Преимуществом этого процесса является возможность получить наружный профиль сложной детали, которая может быть условно отнесена к телам вращения, полностью за один переход без переустановки. Данный способ обработки применим к деталям с эксцентрическим профилем, при обработке тяжелых и некруглых валов, шеек коленчатых валов, тормозных колодок и т. д.

Эксплуатационные свойства деталей в значительной степени зависят от геометрических параметров качества фрезеруемой поверхности, таких как шероховатость, отклонения формы, волнистость. Многочисленные исследования различных авторов показывают, что высота, форма, относительное расположение микронеровностей и точность формы поверхностей в целом оказывают значительное влияние на износ сопрягаемых деталей, коррозионную и эрозионную стойкость, сопротивление усталости, прочность посадок с натягом, плотность подвижных и неподвижных соединений, отказоустойчивость машин в целом, и прочих эксплуатационных характеристиках.

Однако если для случая фрезерования плоских поверхностей зависимости качества поверхностного слоя от режимов резания достаточно хорошо изучены [1; 2], то для случая ротационного фрезерования подобных исследований практически не проводилось, имеются лишь рекомендации общего плана по назначению режимов резания и отдельные советы по проектированию технологических наладок для ротационной обработки, например [3].

Следует отметить, что для процесса ротационного фрезерования характерны следующие особенности. Если учитывать прерывистый характер работы инструмента, то становится очевидным, что обеспечение высоких требований, предъявляемых к качеству обработанной поверхности, при ротационной обработке возможно лишь при высокой жесткости технологической системы. Точность формы детали после ротационной обработки, как и чистота поверхности, во многом зависят от взаимного расположения инструмента и заготовки. Как и при торцовом фрезеровании, на качество обработанной поверхности значительное влияние оказывают режимы резания, однако существующие рекомендации для торцового фрезерования не могут быть применены для ротационного. Вызывает сомнение также, что существующие рекомендации по назначению конструктивно-геометрических параметров торцовых и концевых фрез применимы при назначении таковых для фрез, предназначенных для ротационной обработки.

Таким образом, для успешного использования возможностей ротационного фрезерования должен быть решён ряд задач. Во-первых, необходимо разработать модель процесса формирования микрорельефа обработанной поверхности при ротационной обработке, которая учитывала бы специфику этого процесса. Для решения этой задачи может быть адаптирована одна из существующих имитационных моделей торцового фрезерования, описанная в [4]. С помощью такой модели можно, проведя виртуальную серию экспериментов, установить предварительный вид зависимостей различных параметров качества детали в зависимости от режимных параметров, конструктивно-геометрических параметров режущего инструмента, а также от взаимного расположения фрезы и заготовки. Исследования ротационной обработки позволят усовершенствовать конструкцию режущего инструмента, а так же позволят оптимизировать режимы резания по различным критериям.

Безусловно, полученные зависимости должны быть проверены экспериментально. Это вторая задача, для её решения встаёт необходимость изготовления опытной установки, которая позволит оснастить трёхкоординатные станки четвёртой координатой. Схема

экспериментальной установки токарного модуля представлена на рисунке 1, где 1 – стол фрезерного станка; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – шпиндель; 5 – трехлапчатый патрон; 6 – задний центр; 7 – обрабатываемая деталь; 8 – фреза.

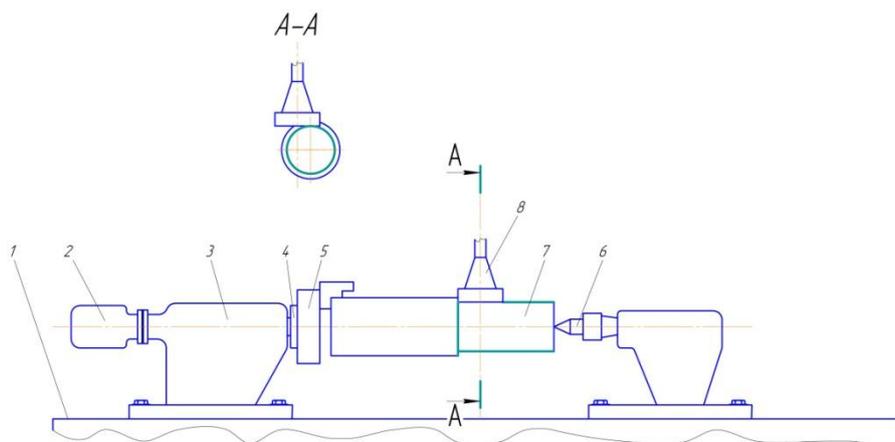


Рисунок 1 – Экспериментальная установка

Таким образом, моделирование процесса ротационного фрезерования является актуальной задачей, от решения которой зависит эффективность внедрения этого метода обработки.

Список литературы:

1. Марков А.М. Повышение производительности и обеспечение точности изготовления деталей с пространственно-сложными поверхностями путем совершенствования технологических систем. Дисертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Барнаул, 2002 г.
2. Хоменко В.А., Леонов С.Л., Некрасов В.Н., Черданцев А.О. Моделирование процесса формирования микротопографии обработанной поверхности при торцевом фрезеровании. – Вестник алтайской науки, №2 (том 1), Барнаул, 2013 г. – стр. 40-44.
3. http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/knowledge/general_turning/other-application-areas/turn-milling/pages/default.aspx
4. Хоменко В.А., Черданцев А.О., Черданцев П.О. Оптимизация операции торцевого фрезерования по критерию максимальной производительности на основе имитационного моделирования. – Ползуновский вестник, №4(том 2), Барнаул, 2015 г. – стр.65-69.

ИЗУЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛИ ИЗ СТЕКЛОПЛАСТИКА КАК ФУНКЦИИ ВРЕМЕНИ РАБОТЫ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Катаева С.А. – магистрант, Гайст С.В. – аспирант, Черданцев П.О. – к.т.н., ст. преп.,
Марков А.М., – д.т.н., проф.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На сегодняшний день доля композитных материалов, в частности стеклопластиков, в машиностроении увеличивается. Данные материалы используются в отраслях, где механические свойства должны сочетаться с низким весом и возможностью выдерживать высокие нагрузки.

Несмотря на то, что при производстве деталей из стеклопластиков удаётся в значительной степени приблизить форму заготовки к форме готового изделия, ряд поверхностей всегда нуждаются в механической обработке. В частности, во многих случаях возникает необходимость в обработке фрезерованием различных пазов, окон, плоскостей и уступов, являющихся либо исполнительными поверхностями, либо поверхностями, по

которым осуществляется неразъёмное сопряжение деталей. При этом требования к точности обработки составляют 10 – 11 квалитеты, к качеству поверхности – Ra не более 10 мкм (а в ряде случаев – не более 2,5 мкм).

При проектировании операций фрезерования стеклопластиков необходимо учитывать ряд специфических проблем и особенностей, которые не характерны для механической обработки металлов и сплавов:

1. необходимость организации вытяжной системы, так как механическая обработка стеклопластика считается вредным производством из-за образования пылеобразной стеклянной стружки, которая при попадании в дыхательную систему человека вызывает её заболевания;

2. низкая теплопроводность композиционных материалов, что обуславливает слабый отвод тепла вместе со стружкой и в обрабатываемое изделие, и, как следствие, термически напряжённые условия работы режущего инструмента;

3. отсутствие возможности применения СОЖ из-за того, что стеклопластики обладают таким свойством, как влагопоглощение;

4. возможность возникновения дефектного слоя, содержащего прижоги, разрыхления;

5. опасность появления погрешностей формы, вызванных упругими свойствами материала, его слоистой структурой;

6. из-за высоких упругих свойств материала увеличивается площадь его контакта с задней поверхностью инструмента, что приводит к повышению нагрузки на неё;

7. наличие в зоне резания твердых составляющих матрицы приводит к абразивному износу инструмента;

8. в результате разрушения структуры полимерного связующего при резании возникает механохимический адсорбционный износ инструмента;

9. по мере износа режущего инструмента возникают различные механические дефекты поверхностного слоя, такие как сколы и расслоения.

При проектировании фрезерной операции фрезерования стеклопластика определённой марки важно знать, через какой промежуток времени требуется замена инструмента. Для этого необходимо знать закон изменения износа инструмента от времени и (или) закон изменения шероховатости обработанной поверхности детали от времени.

Для определения вида этих зависимостей нами предложена методика проведения исследований, опробованная на примере обработки труб из стеклопластика марки КППН (косослойная продольно-поперечная намотка), обладающего следующими физико-механическими свойствами:

- предел прочности в тангенциальном направлении 460 МПа;
- предел прочности в осевом направлении 880 МПа;
- модуль упругости при растяжении 263 МПа;
- плотность $1,97 \times 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$.

Эксперимент проводится на станке ГФ2171С5, оснащённом системой ЧПУ FMS-3200. В качестве режущего инструмента выбрана цельная концевая фреза диаметром 10 мм из твёрдого сплава марки ВК8, имеющая 3 зуба. Экспериментальная установка представлена на рисунке 1. Предварительный литературный обзор показал, что целесообразно назначить следующие режимы резания [1]: скорость резания $V = 63 \text{ м/мин}$; подача $S = 0,02 \text{ мм/зуб}$; глубина фрезерования $t = 10 \text{ мм}$.

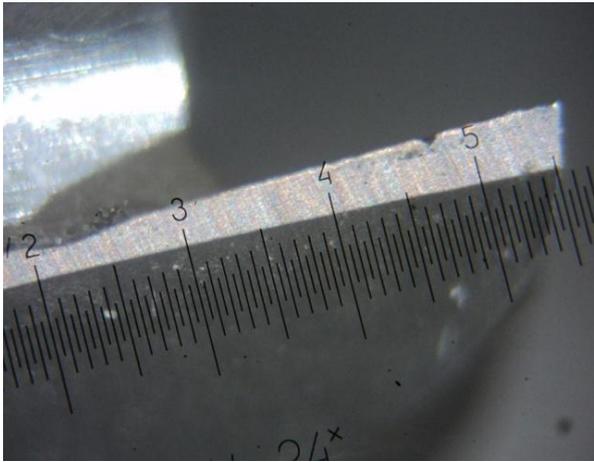
Контроль износа инструмента по задней поверхности зубьев осуществляется с помощью прибора МПБ-2, цена деления которого составляет 0,05 мм. За критерий износа была принята величина 0,3 мм согласно



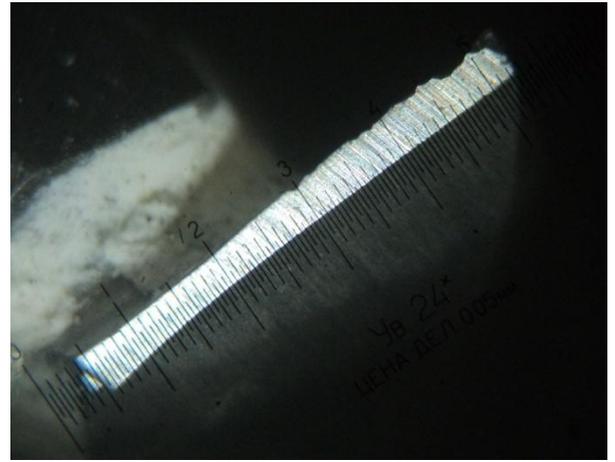
Рисунок 1 —

Экспериментальная
установка

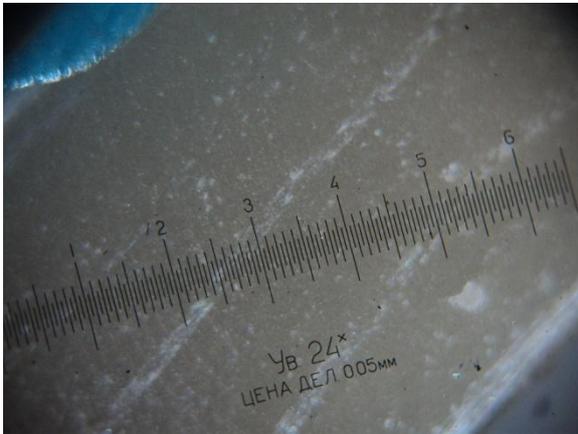
рекомендациям ОСТ5.9569-74. Период измерения инструмента составляет 1 минуту. Контроль шероховатости обработанной поверхности осуществляется с помощью профилографа HOMMEL TESTER W55. Результаты измерений представлены на рисунке 2.



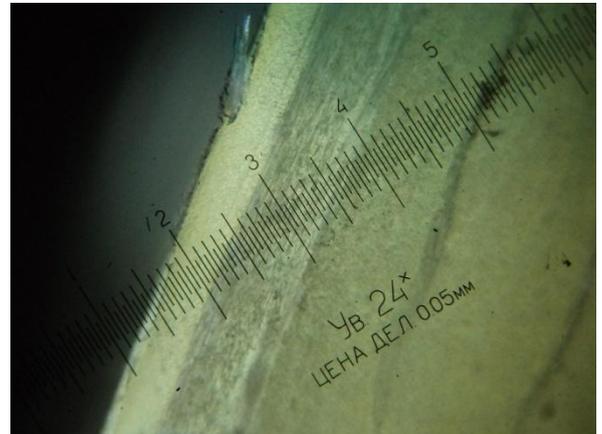
а) новая фреза



б) износ инструмента 0,31 мм



в) обработанная деталь после 3 минуты работы инструмента



г) обработанная деталь после 81 минуты работы инструмента

Рисунок 2 – Результаты измерений

В результате обработки полученных экспериментальных данных получены степенные зависимости износа режущего инструмента от времени, а так же шероховатости обработанной поверхности от времени работы. Эти зависимости имеют следующий вид (рисунок 3).

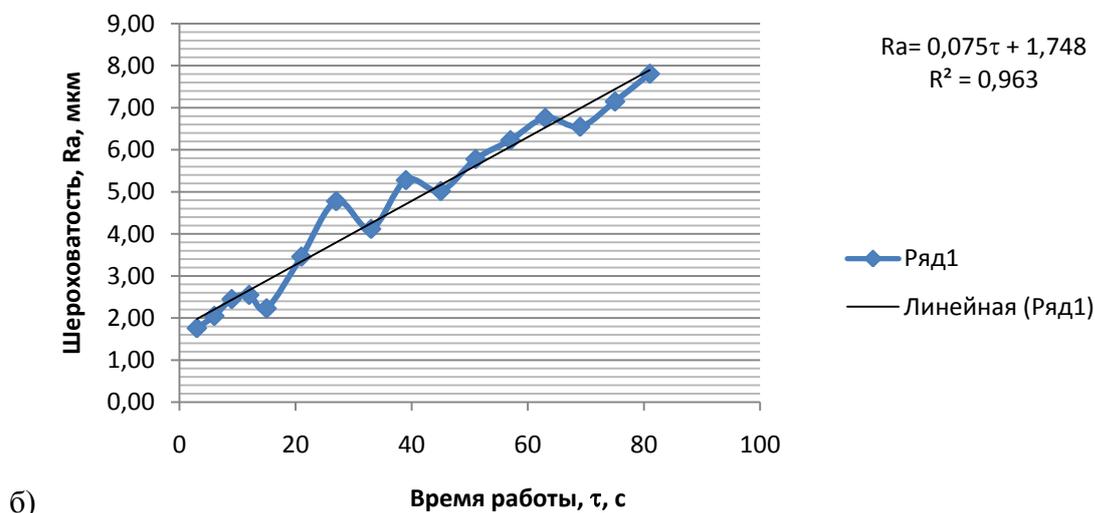
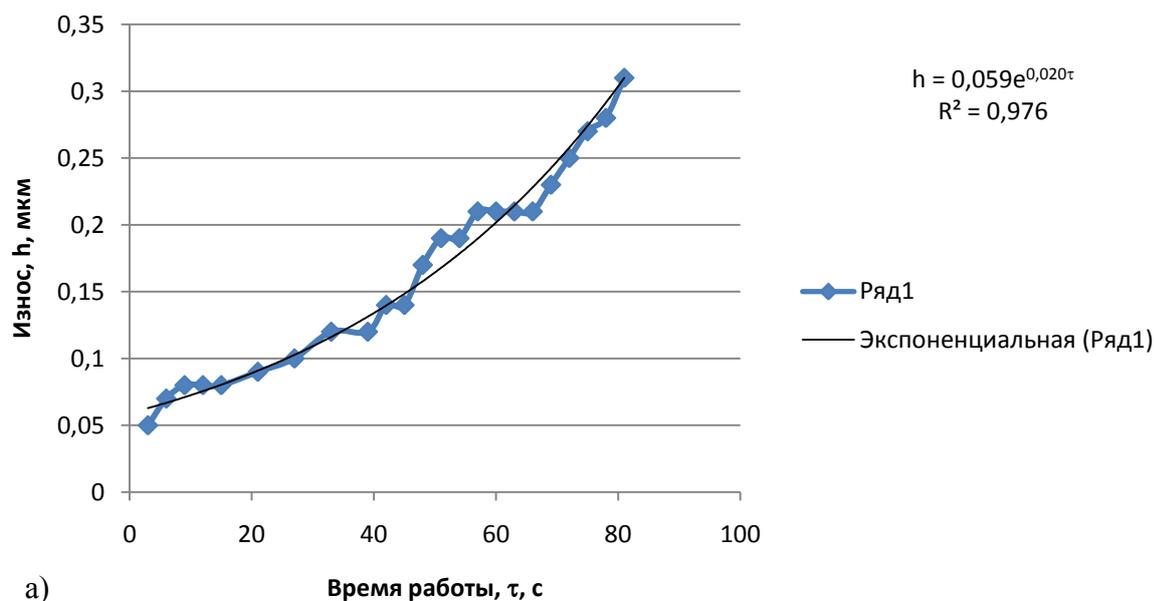


Рисунок 3 – Графики: а) износа инструмента от времени работы; б) изменения шероховатости обработанной детали от времени.

Полученные зависимости позволяют определить промежуток времени, после которого должна производиться принудительная смена инструмента в зависимости от предъявляемых требований к качеству обработанной поверхности или в зависимости от критерия износа, назначаемого исходя из целесообразности переточки.

Список литературы:

1. Баранчиков В.И., Тарапанов А.С., Харламов Г.А. Обработка специальных материалов в машиностроении: Справочник. Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2002. – 264 с., ил.

ИЗМЕНЕНИЕ ПРОХОДНЫХ СЕЧЕНИЙ ГАЗОВОЗДУШНЫХ ТРАКТОВ ДИЗЕЛЯ Д-144 С КЛАПАННО – ЗОЛОТНИКОВЫМ МЕХАНИЗМОМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Сиротенко Д.В. – аспирант, Балашов А.А. – д.т.н., проф.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Газообмен в 4-тактных поршневых двигателях внутреннего сгорания (ПДВС) как с наддувом, так и без него, осуществляется за счет традиционного клапанного механизма газораспределения (МГР), от которого в значительной степени зависят расходные характеристики, теплонапряженность и пределы форсирования двигателей в целом.

Для повышения пределов форсировки и снижения теплонапряженности ПДВС необходимо модернизировать традиционный МГР с целью увеличения проходных сечений газового тракта на такте выпуска и организации продувки цилиндра на такте впуска, т.е. создать нетрадиционный МГР состоящий из традиционного клапанного и дополнительного золотникового.

Дополнительный золотниковый МГР представляет из себя окно в гильзе цилиндра выполненное вблизи нижней мертвой точки поршня, открытие и закрытие которого производится «золотником», т.е. поршнем. Выпуск отработавших газов в общий выпускной коллектор на такте выпуска в нетрадиционном МГР производится как через выпускной клапан, так и через окно в гильзе цилиндра, а на такте впуска осуществляется продувка цилиндра через впускной клапан и тоже окно в гильзе при условии, что давление во впускном коллекторе P_k будет выше чем давление в выпускном коллекторе P_t .

Сложившиеся рабочие названия предложенного двигателя: «двигатель с двойным выпуском отработавших газов» или «двигатель с дополнительным окном в гильзе (двигатель с ДОГ)» или просто «двигатель с окном в гильзе» сокращенно – ДОГ.

Добиться серьезного увеличения мощности (выше 10%) с одновременным снижением теплонапряженности и улучшением пусковых качеств ПДВС можно за счет дооборудования 4-тактного двигателя с традиционным клапанным МГР дополнительным золотниковым МГР, т.е. создав двигатель в варианте ДОГ. Однако, в процессе создания такого рода ПДВС нельзя обойтись без отработки газодинамического качества впускных и выпускных каналов с клапанами, и особенно важно, дополнительной системы выпуска – продувки начиная с цилиндра и кончая выпускным коллектором.

Как известно, что отработку газодинамического качества основных элементов традиционных газоздушных трактов ПДВС и, соответственно, дополнительной системы выпуска – продувки, можно производить с помощью статической продувки воздухом элементов входящих в эти системы.

Таким образом, для оценки газодинамической эффективности проточных каналов необходимо также располагать простой, но обеспечивающей высокую степень достоверности получаемых результатов методикой обработки данных статической продувки. Для этой цели подходит адиабатная методика, которая учитывает воздействие газодинамических сопротивлений на параметры потока.

С помощью этой методики можно проводить отработку как впускных и выпускных каналов с клапанами традиционной системы газообмена, так и дополнительной золотниковой системы выпуска – продувки.

При переводе дизеля Д-144 на работу по схеме ДОГ, была проведена конструкторская проработка и изготовление дополнительной золотниковой системы выпуска ОГ и продувки цилиндра, а также проведены первичные доводочные работы с использованием визуализации потока воздуха по каналам системы газообмена с помощью САПР SolidWorks® 3D модели.

После проведения конструкторско – доводочных работ была сформулирована дальнейшая цель работы – качественная и количественная оценка изменения эффективных проходных сечений газоздушных трактов дизеля, оборудованного системой двойного

выпуска отработавших газов через клапан и окно в нижней части гильзы, на базе серийных цилиндров дизеля Д—144.

Таким образом, в результате проведенной работы по изменению эффективных проходных сечений μF по углу п.к.в., как для основной системы выпуска ОГ, так и для дополнительной можно отметить, что разработанная дополнительная система выпуска ОГ ДОГ должна улучшить газообмен, снизить теплонапряженность цилиндра и выпускного тракта, т.к. увеличилось суммарное эффективное проходное сечение μF приблизительно на 30÷35% от эффективного проходного сечения выпускного клапана, при продолжительности открытия его и окна в гильзе равном $\varphi=80^\circ$ по углу п.к.в.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ ПРИ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОДАЧЕ ТОПЛИВА

Зимонов К.П. – аспирант, Глущенко А.Г. – аспирант, Свистула А.Е. – д.т.н., проф.
Алтайский государственный технический университет им.И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При комбинированной подаче топлива в дизеле предусматривается разделение цикловой порции на две части по количеству и по времени подачи. Одна из них – основная, большого объема, подается в цилиндр в районе верхней мертвой точки (ВМТ) в такте сжатия. Вторая – предварительная, первичная или запальная меньшего объема, предшествует основной и подается в систему впуска или в цилиндр на тактах впуска, сжатия или в конце выпуска.

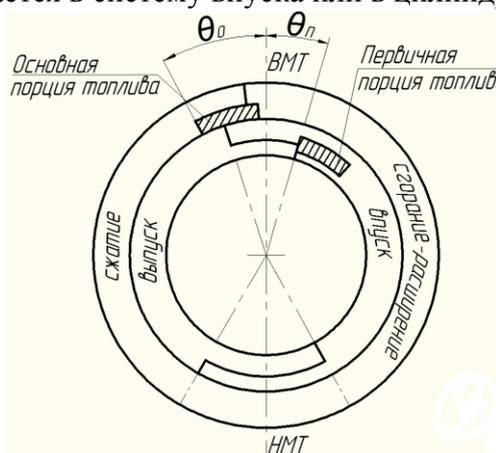


Рис. 1. Диаграмма фаз двойной топливоподачи

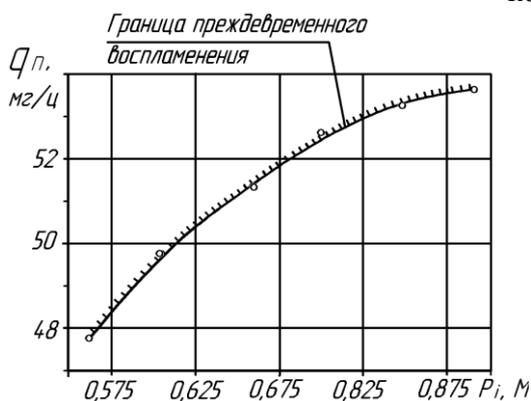


Рис. 2. Граница преждевременного воспламенения: $n=1750 \text{ мин}^{-1}$, 4-сопловый распылитель работы дизеля (рис. 3).

Комбинированная подача топлива осуществляется на экспериментальной одноцилиндровой установке размерностью 13/14 производства ПО АМЗ. Впрыск топлива осуществлялся специальной форсункой, к двум входным штуцерам которой топливо подводится в отдельности от каждой насосной секции по своим трубкам высокого давления, а затем и по каналам в форсунке (основному и дополнительному) через обратные клапаны непосредственно в полость под иглой распылителя [1].

Подача запальной порции производилась в такте впуска после ВМТ сразу же после закрытия выпускного клапана, а основная – как обычно, в конце такта сжатия (рис. 1).

Обобщающий график изменения границы преждевременного воспламенения предварительной порции q_n^B в функции исходной индикаторной нагрузки представлен на рис. 2.

Испытания по выбору угла опережения начала подачи основной порции топлива θ_0 подтверждают слабое влияние угла θ_0 на индикаторный КПД и существенное на максимальное давление и скорость нарастания давления в диапазоне изменения угла $\theta_0 = 24 - 31^\circ$ до ВМТ. За оптимальный принят угол в 26° до ВМТ, при значении которого снята характеристика влияния количества предварительной подачи топлива на показатели

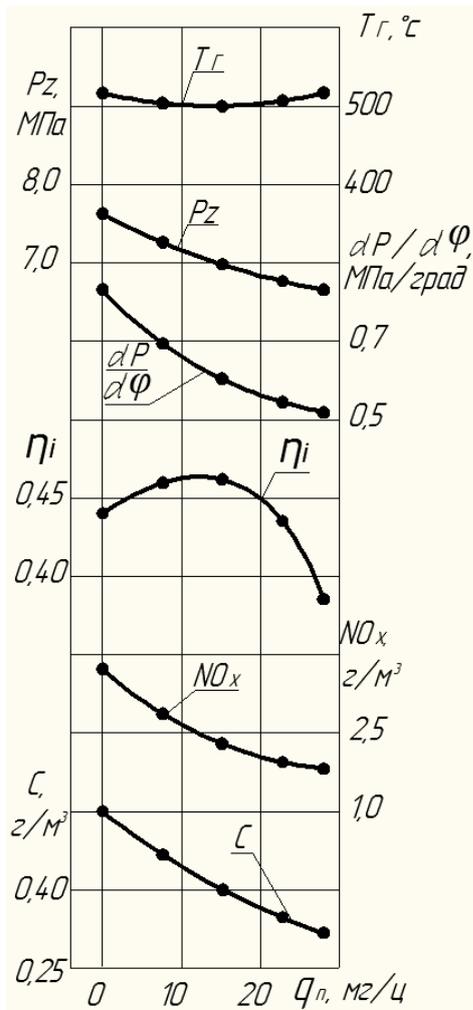
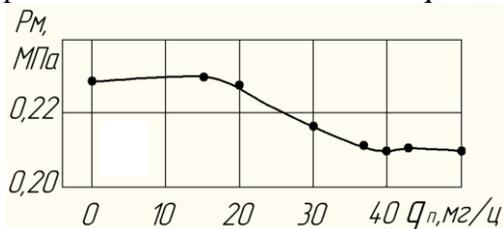


Рис. 3. Влияние предварительной порции топлива на показатели дизеля:

$n=1750 \text{ мин}^{-1}$; $P_i=0,875 \text{ МПа}$; $q_p + q_o = q_{\text{цикл}} = \text{const}$; 4-сопловый распылитель

массой и скоростью вытекающего топлива и увеличением длины пролета струи к моменту встречи с поверхностями. Эти факторы уменьшают количество топлива, отраженного от поверхностей, частично попадающего на стенку цилиндра и снижающего механические потери. Соответственно величина q_p^M сдвигается в область более высоких значений.



Для достижения наибольшего увеличения индикаторного КПД (на 5 %) и пренебрежения эффектом уменьшения динамики цикла, дымности и токсичности в сравнении с исходным режимом необходимо назначать оптимальное значение $q_p = 15 \text{ мг/ц}$. Для получения большего эффекта в снижении максимального давления, жесткости сгорания и содержания в ОГ окислов азота следует принимать $q_p = 20 \text{ мг/ц}$.

На рис. 4 приведена зависимость среднего давления механических потерь P_M от величины предварительной подачи q_p , полученной методом «прокрутки», в расширенном диапазоне изменения q_p . Начиная с подачи q_p^M , несколько большей 20 мг/ц, четко прослеживается снижение давления механических потерь на 10 % от величины P_M в исходном режиме работы дизеля при $q_p = 0$. Причиной такого снижения давления P_M является попадание части предварительной порции топлива в масляную пленку зеркала цилиндра и ее разжижение, несмотря на ориентацию топливных струй в камеру сгорания.

Результаты испытаний с односопловым (центральное положение), четырех- и пятисопловым распылителями показывают увеличение q_p^M при переходе от односоплового распылителя к пятисопловому и с ростом угла запаздывания впрыска первичной дозы топлива после ВМТ (рис.5).

Наиболее вероятной причиной получения лучших результатов в случаях пятисоплового распылителя при более поздних углах θ_p следует считать снижение кинетической энергии топливной струи при контакте с поверхностями камеры сгорания и днища поршня, обусловленное меньшими

Рис. 4. Влияние предварительной порции топлива на P_M :

$n=1750 \text{ мин}^{-1}$; $P_i=0,875 \text{ МПа}$; $q_p + q_o = q_{\text{цикл}} = \text{const}$; 4-сопловый распылитель

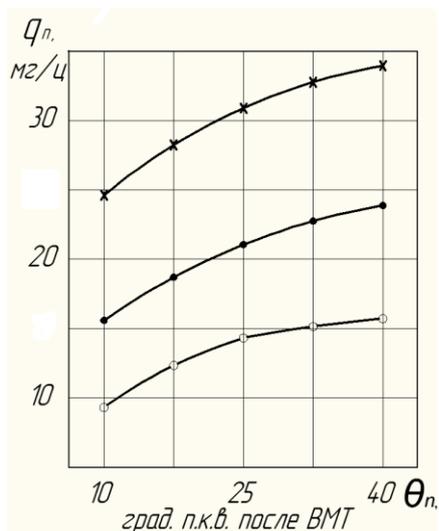


Рис. 5. Параметры предварительной порции топлива q_n^M :

- о – 1-сопловый распылитель;
- – 4-сопловый распылитель;
- x – 5-сопловый распылитель

по величине предварительной подачи следует уменьшить или полностью исключить прямые потери топлива, попадающего на стенки цилиндра, оптимизацией параметров впрыскивания, позволяющей уменьшить кинетическую энергию топливной струи, взаимодействующей с поверхностями камеры сгорания и днища поршня.

Литература:

1. Патент на полезную модель 42073 Российская Федерация, МПК⁷ F 02 M 25/022. Система питания дизеля. / А.Е. Свистула, Д.Д. Матиевский, Е.М. Калюжный, А. Тактак (РФ) - № 2004121938/22; заявл. 19.07.2004; опубл. 20.11.04, бюл. № 32.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТОПЛИВНО-ВОЗДУШНОГО ФАКЕЛА КАК МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ ПЕРЕМЕННОЙ МАССЫ

Самарин А.В. - аспирант, Гаврин Н.С. - аспирант, Сеначин П.К. – д.т.н., профессор Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Для обеспечения эффективной организации рабочего процесса в топочных устройствах и камерах сгорания дизелей необходимо обеспечить согласование параметров топливно-воздушного факела с геометрическими характеристиками камеры. Современные эмпирические формулы и методы расчета двухфазных стационарных и нестационарных струй жидкого и пылевидного твердого топлива в смеси с воздухом имеют недостаточную точность или в ряде случаев практически непригодны.

Для более точного расчёта динамики топливно-воздушного факела (топливной струи) необходимо разработать достаточно простую неэмпирическую математическую модель. В этой модели, основанной на динамике материальной точки переменной массы, геометрически факел представляется в виде усеченного конуса с неизменным углом раскрытия 2β . Вершина конуса располагается внутри соплового канала на глубине (высоте внутреннего конуса) $h = (d_0/2)/\text{tg}\beta$, а начало координат – на оси факела на срезе сопла (Рисунок 1).

Итак, при подаче первичной дозы топлива на такте впуска (после завершения выпуска) и выявленном оптимальном значении первичной дозы в 20 % от номинальной цикловой подачи и угле начала подачи основной порции в 27 градусов до ВМТ достигнуто увеличение индикаторного КПД на 4 %, снижение максимальные давление цикла и жесткости соответственно на 10 % и 25 %, содержания окислов азота – на 40 %, сажи – на 30 %. Определены три границы первичной подачи топлива, первая, q_n^o определяет максимум индикаторного КПД, вторая, q_n^M - начало заметного снижения давления механических потерь, вызванного ростом прямых потерь топлива, попадающего на стенку цилиндра и разжижающего масло, третья, q_n^B - самовоспламенение предварительной порции топлива. Из них первая – наименьшая (15 мг/ц), вторая – близка к первой (20 мг/ц), и третья – в 2,0 - 2,5 раза превосходит первую и вторую. Для расширения зоны эффективного использования двухфазной подачи топлива по

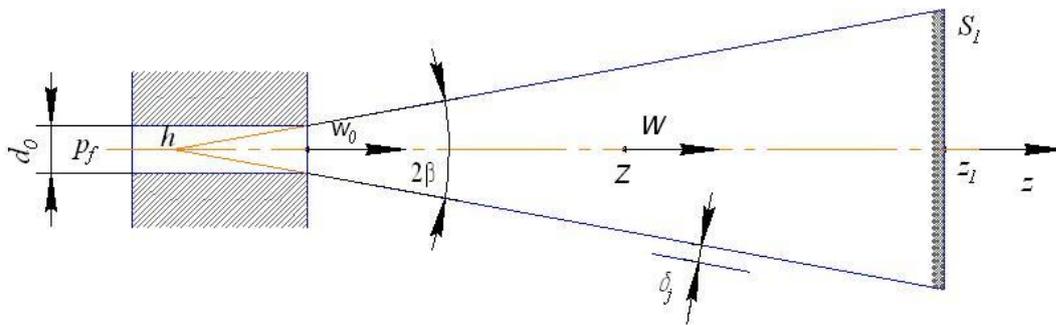


Рисунок 1 – Геометрическая модель топливной струи дизеля

Топливо-воздушный факел (топливная струя) дизеля представляется *изотермическим телом переменной массы* - материальной точкой с текущей координатой Z (находящейся на оси факела), движущейся с переменной скоростью W в результате импульса I_f , получаемого с впрыснутым форсункой топливом.

Система уравнений динамики факела для импульсной струи включает две фазы (до момента отрыва струи от сопла форсунки $t \leq \tau$ и после отрыва струи $t > \tau$), а для стационарной струи включает только первую фазу $t \rightarrow \infty$. Эта система уравнений может быть получена следующим образом. Пусть известны скорость струи на срезе сопла w_0 и его сечение $S_0 = \pi d_0^2 / 4$, тогда могут быть определены объем V_f и масса топлива m_f в факеле, а также текущий импульс системы I_f (без учета трения) в любой момент времени t .

Координата центра масс факела Z определяется уравнением

$$m_{\phi} Z = m_f Z_f + m_{\text{air}} Z_{\text{air}},$$

где Z_f, Z_{air} - координаты центра масс топлива и вовлеченного в движение воздуха соответственно. При этом масса факела m_{ϕ} равна сумме масс топлива m_f и воздуха m_{air} .

Записав закон движения центра масс системы Z , из системы дифференциальных уравнений можно определить скорость центра масс W , скорость w_1 и координату z_1 фронта факела, а также другие характеристики струи (например, ее дальность z_{max}).