

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ КОМПЕНСАЦИИ ИЗНОСА СБОРНЫХ ЗЕНКЕРОВ

Аскалонова Т.А. – к.т.н., доцент, Поддубный М.А. – магистрант,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современной металлообработке зенкерование занимает важную роль среди методов обработки отверстий. Оно применяется на черновых и получистовых операциях с целью повышения качества поверхности и точности. Большинство зенкеров, используемых при обработке отверстий являются инструментами с фиксированными неподвижными режущими элементами. Данное обстоятельство означает, что возможно возникновение двух проблем: это снижение точности обработки (из-за невозможности сменить режущую часть без замены инструмента), а также увод оси инструмента. Последняя проблема является особенно актуальной при обработке отверстий в литых заготовках при отсутствии предварительной обработки. Это обусловлено тем, что во время обработки литых заготовок на поверхность режущих зубьев зенкера оказывается различное силовое воздействие. Решение этой проблемы можно обеспечить путем использования сборных зенкеров с механизмом компенсации износа.

Также сборный зенкер с механизмом компенсации износа способен решить следующие задачи: повысить срок работы зенкера, а также увеличить производительность, за счет снижения количества брака. Период работы зенкера будет увеличен за счет того, что механизм компенсации износа позволяет обрабатываемому размеру находиться в пределах поля допуска большее время, следовательно увеличится период стойкости инструмента. А повышение производительности связано с тем, что во время обработки будет реализована автоматическая компенсация износа, что позволит увеличить количество деталей, обработанных с требуемой точностью.

Принцип работы зенкера предлагаемой конструкции заключается в наличии встроенного механизма, влияющего на рабочий диаметр зенкера. Известны подобные конструкции сборных зенкеров, которые представлены патентами РФ №2131332, 2130362 [1], а также авторскими свидетельствами №973254, 554952. В рассмотренных конструкциях был выявлен общий недостаток – невысокая жесткость фиксации режущих пластин на необходимом диаметре. Данный недостаток был устранен в результате применения метода синтеза технических решений на И-ИЛИ графе [2]. В итоге была разработана конструкция сборного зенкера (Рис.1), оснащенного механизмом автоматической компенсации износа, не имеющая недостатков прототипов.

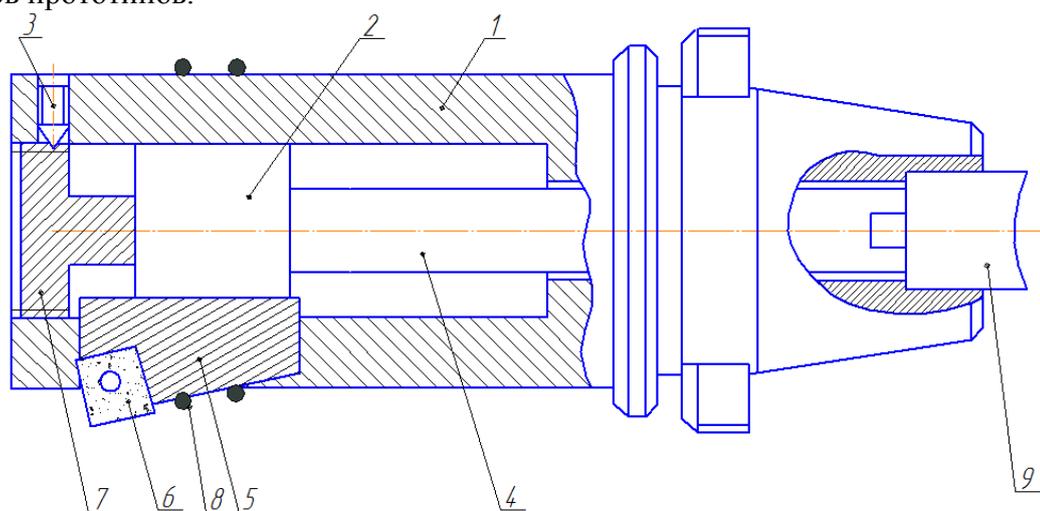


Рисунок 1 – Сборный зенкер.

Разработанная конструкция сборного зенкера с механизмом компенсации содержит корпус 1 с отверстием, выполненным вдоль его продольной оси, размещенные в нем

державки 5 с закрепленными на них режущими пластинами 6, упругий элемент 8, охватывающий наружные поверхности державок, запорный элемент 7, кулачок 2 и привод 4, жестко соединенный с кулачком. При этом привод 4 способен поворачиваться вокруг своей оси за счет механизма вращения 9, к которому он подсоединен со стороны шпинделя. В результате этого движения выдвигаются державки с механически закрепленными на них режущими пластинками, что приводит к изменению рабочего диаметра зенкера, компенсирующее величину износа.

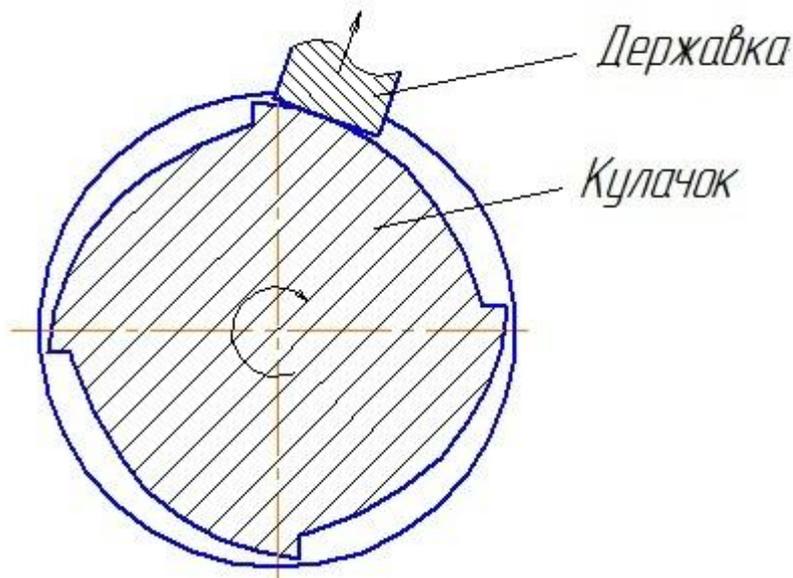


Рисунок 2 – Схема взаимодействия кулачка с державками.

Для расчета профиля кулачка (Рис.2) был проведен анализ экспериментальных данных по износу сборных зенкеров с твердосплавными пластинками. Была построена эмпирическая зависимость износа от длины пути резания за период стойкости зенкера. В результате аппроксимации линейной функцией участка нормального износа и функцией полинома второй степени – участка приработки – была получена теоретическая кривая, описывающая характер износа сборного зенкера со сменными многогранными пластинками (СМП) в период времени от введения его в эксплуатацию (участок приработки) до окончания работы на данном комплекте СМП (участок нормального износа до наступления катастрофического износа). Полученная теоретическая кривая позволила рассчитать форму кулачка, которая будет соответствовать перемещению державок с режущими пластинками на величину компенсации износа.

Таким образом, в результате проделанной работы была получена конструкция сборного зенкера с СМП, оснащенного механизмом компенсации износа, позволяющая реализовать ряд технологических преимуществ при зенкеровании. Зенкер данной конструкции имеет большую устойчивость к уводу оси инструмента, по сравнению с цельным зенкером. Постоянство оси обеспечивается механизмом компенсации износа. Одновременно с решением проблемы увода оси инструмента, данный зенкер увеличивает продолжительность времени зенкерования при заданных требованиях к точности, а также снижает количество брака. Последнее обусловлено тем, что при раздвижении державок с СМП рабочий диаметр зенкера не будет выходить за границы поля допуска обрабатываемой детали.

1. Патенты №2131332, 2130362 реестр изобретений РФ.
2. Т. А. Аскалонова, А. В. Балашов Подготовка магистерской диссертации: Учеб. пособие. – Издательство ТНТ 2013. – 248 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ АЛМАЗНЫХ ПОРОШКОВ

Аскалонова Т.А.-к.т.н., доцент, Горбунов А.А.-студент,

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

Качество алмазных порошков характеризуется их зерновым составом и прочностью определяемой маркой алмаза. Алмазные зерна из синтетических алмазов представляют собой совокупность зерен различной величины и формы: монокристаллы, осколки, сростки. От размеров, формы, геометрии и состояния поверхности алмазного зерна зависят сечение срезаемой стружки, работа деформирования обрабатываемого материала и работа трения зерен и связки о поверхность изделия, силы резания и температура. Вследствие этого способы повышающие однородность зернового состава, сокращение рассеивания размеров зерен способствуют значительному уменьшению износа инструментов и увеличению показателей качества обрабатываемой поверхности. Режущая способность абразивных инструментов, эффективность их применения, а также качество обработанных поверхностей во многом зависят от линейных размеров зерен. При контроле алмазные зерна подразделяют на фракции. Основной фракцией называется совокупность зерен определенного размера, преобладающих (65÷70%) в составе данного порошка по массе. Получить абразивный порошок, состоящий только из зерен одного размера, не представляется возможным, поэтому кроме основной фракции, в составе порошков содержатся побочные, которые крупнее или мельче основной, процент их тоже оговаривается в ГОСТе 9266-80. Так, например, для зерен алмазных порошков содержание крупной фракции должно быть не более 5÷8%. Размер зерен в каждой фракции определяется размерами сторон ячеек двух контрольных сит в микронах, из которых через верхнее сито зерна должны проходить, а на нижнем задерживаться. Зернистость порошков определяется по основной фракции и обозначается дробью, у которой числитель соответствует размеру сторон ячейки верхнего сита, знаменатель - размеру стороны ячейки нижнего сита, например 200/160. Порошки из синтетических алмазов выпускаются трех марок: АСО- обычной прочности; АСП- повышенной прочности; АСВ- высокой прочности. Зерновой состав порошков, как правило, определяется линейными размерами проекции зерен под микроскопом. Полученные линейные размеры оцениваются по двум взаимно перпендикулярным направлениям. За длину зерна принимается его наибольший размер. Как известно, синтетические алмазы предварительно подвергаются дроблению, а далее уже классифицируются по размерам и фракциям.

Нами были проведены исследования линейных параметров алмазных зерен (длины и ширины) в исходном состоянии после дробления и далее у зерен, извлеченных из алмазных инструментов, прошедших классификацию через контрольные сита. Изучались размеры алмазных зерен марок АСВ, АСП, АСО, зернистостей 160/125; 100/60; 80/0, выборка составляла не менее 300 зерен. Построенные гистограммы распределения зерен и последующая математическая обработка показали следующее. Распределение размеров зерен в исходном состоянии подчиняется нормальному закону. Проверка по критерию  $\chi^2$  это подтвердила. Кривые распределения размеров рабочих зерен, указанных зернистостей заметно отличаются от нормального; практически все кривые имеют смещение в сторону линейных размеров зерен. При этом поле рассеивания значительно превышает диапазон зернистости основной фракции. Зерен крупной фракции оказалось не 5÷8%, как допускается в ГОСТ, а 20÷25% для исследуемых порошков.

Анализ полученных результатов позволил предположить, что причиной этого является квадратная форма ячеек контрольных сит. В процессе отсева с использованием вибрации через сита проходят зерна, размеры которых превышают размеры ячейки, так как часть зерен может пройти через них по диагонали квадрата (рисунок 1а). На наш взгляд, это является причиной увеличенного количества в процентном отношении зерен крупной фракции. Нами была высказана гипотеза: при замене квадратной формы ячеек на круглую, диаметр которой будет соответствовать величине зернистости основной фракции, вероятность попадания

зерен крупной фракции значительно уменьшится ( рисунок 16) . Предварительная проверка этого предложения с помощью математического моделирования подтвердила правильность гипотезы: количество зерен крупной фракции, проходящих через сита круглой формы снизилось до 6÷8%

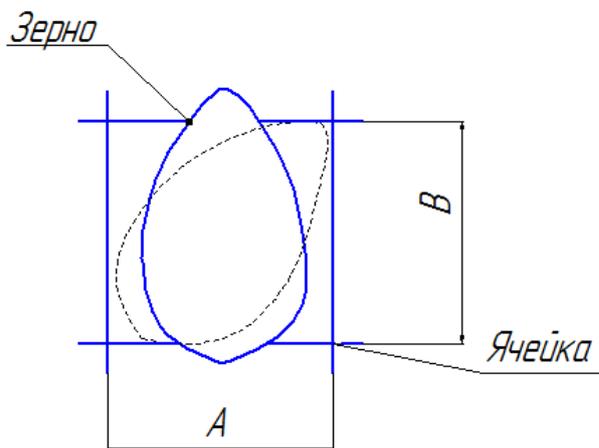


Рисунок 1а.

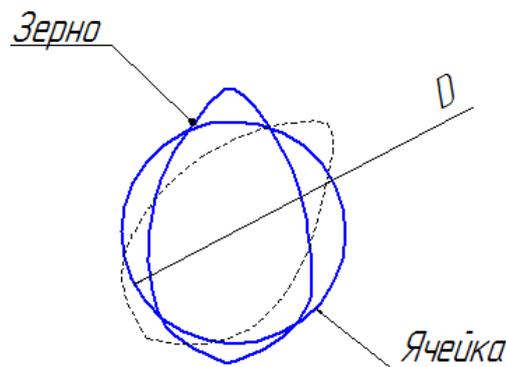


Рисунок 1б.

1. Коротков, А.Н. Анализ формы абразивных зерен / А.Н. Коротков, В.Г. Баштанов// Вестник КузГТУ. -2000.-№5.-С. 54-60.
2. Грабченко А.И. Расширение технологических возможностей алмазного шлифования / Грабченко А.И. - Харьков: Вища шк., 1985. - 184 с

## АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ БИЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Черепанов А.А., к.т.н., доцент, Гребеньков Р. В., студент,

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

В связи с автоматизацией производства и повышением качества машиностроительной продукции требуются новые, более современные методы и приборы для контрольно-измерительных операций. Применение средств активного контроля увеличивает производительность труда, позволяет повысить качество обрабатываемой продукции, что обеспечивает, в свою очередь повышение точности работы, долговечности и надежности продукции. Средства активного контроля в промышленности можно разделить на две группы: средства активного контроля в процессе обработки и после обработки. В данной работе рассматривается один из таких приборов, предназначенных для контроля технических требований детали после обработки – прибор с индуктивным преобразованием. На его основе разрабатывается полуавтоматическое контрольное приспособление для измерения торцевого и радиального биений.

Приборы с индуктивным преобразованием отличаются высокой точностью, позволяют вести дистанционные измерения. Наличие единого источника энергии (электрического тока) является существенным преимуществом, например, перед пневматическими приборами, где требуется питание электрическим током и сжатым воздухом.

Недостатки следующие: сравнительная сложность электрических элементов, требующих квалифицированного обслуживания в процессе эксплуатации; необходимость надежной герметизации составных частей приборов.

В индуктивных приборах используется свойство катушки изменять свое реактивное сопротивление при изменении некоторых ее параметров, определяющих величину индуктивности. Для этого один из элементов магнитной цепи (якорь) выполняется подвижным, и от его положения относительно неподвижной части зависит магнитное

сопротивление цепи, а, следовательно, и индуктивное сопротивление катушки. Перемещение якоря связывается с измеряемой линейной или угловой величиной, при этом изменяется или воздушный зазор, или площадь сечения воздушного зазора плоскостью, перпендикулярной к вектору магнитной индукции.

Принцип действия приспособления состоит в следующем: на поворотный стол устанавливается трехкулачковый патрон, в который, в свою очередь, крепится оправка 1. На оправку устанавливается зубчатое колесо 2 и фиксируется торцевой шайбой 3 при помощи гайки 4. Конструкция приспособления для непосредственного измерения торцевого и радиального биений состоит из рычагов 5, которые передают геометрическое отклонение поверхности на индуктивные преобразователи 6. Рычаги и преобразователи крепятся на корпус 7, а последние в свою очередь фиксируются крышками 8 при помощи болтовых соединений 9. Удерживающее устройство состоит из вертикальной стойки с резьбой 11, переключателя 12, удерживаемой двумя гайками 13, и хомутами 14, которые в свою очередь стягиваются болтовыми соединениями 10.

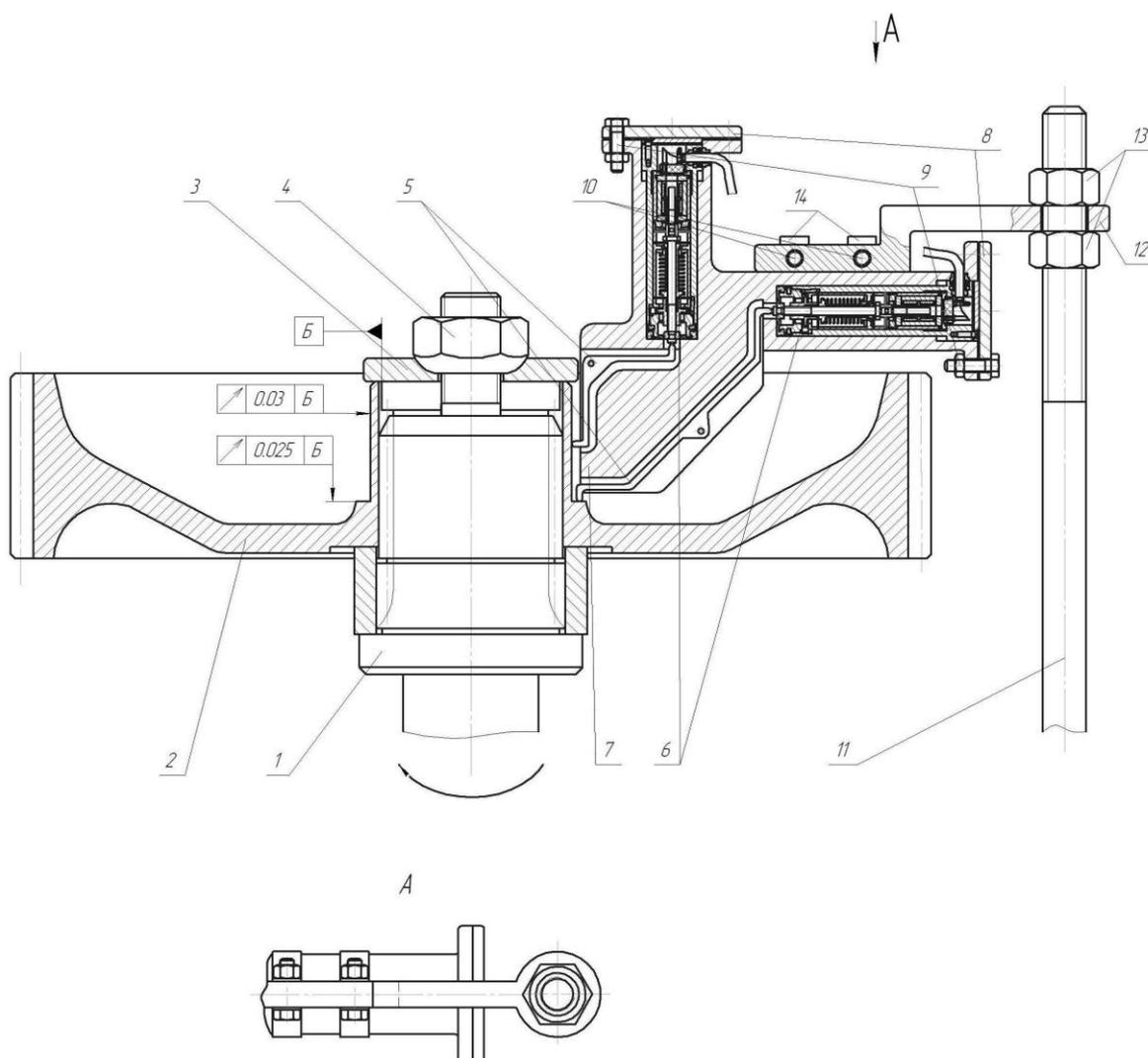


Рисунок 1 – Эскиз контрольного приспособления

В данном устройстве используются индуктивные преобразователи модели БВ-6067. В них применена дифференциальная система чувствительных элементов. Выходной сигнал преобразователя, линейно пропорциональный отклонению размера, поступает к преобразующим и усилительным блокам электронной измерительной системы.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИГАРА КАК ОСНОВНОГО ДЕФЕКТА ПОВЕРХНОСТИ ЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ИЗ ЧУГУНА

Григор А.С. – к.т.н, старший преподаватель, Заборцева Д.Н.– студент,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Главным направлением получения качественной литой поверхности считается повышение геометрической точности отливок, чтобы приблизить размеры литых заготовок к размерам готовых деталей. Решение этой задачи сводится к получению чистой литой поверхности без каких-либо литейных дефектов. Самым распространенным литейным дефектом на отливках из черных сплавов является пригар. Известно, что пригар принято классифицировать следующим образом [1]:

1 – механический пригар образуется в результате проникновения жидкого металла в поры поверхности формы и стержня. Расплавленный металл, резко охлаждается с поверхности, соприкасаясь с холодной формой, охватывает отдельные песчинки, и после затвердевания образуется металлокерамическая пригарная корка, имеющая прочное сцепление с отливкой. Проникновение металла в поры формы является не чисто механическим процессом, а результатом физико-химического взаимодействия в контактной зоне металла/формы. Поэтому этот вид пригара называется также металлизированным или металлическим.

Как разновидность механического пригара [2] выделяет так называемый «взрывной пригар». Дефект возникает преимущественно при изготовлении чугуновых отливок из высокопрочных песчано-глинистых формовочных смесей. Внешне он выглядит как плоский, прочно связанный с отливкой конгломерат из пропитанных металлом частиц формовочной смеси толщиной до 3...4 мм и как установлено исследованиями механический пригар не может достигать такой толщины. Характерно наличие достаточно отчетливых границ пригоревшего слоя и основной поверхности отливки.

2 – химический пригар возникает в результате взаимодействия отливки с поверхностью формы. В результате этого взаимодействия зерна формовочной смеси в пригарной корке могут связываться как окислы железа, так и образовавшиеся легкоплавкие силикаты железа.

3 – термический пригар образуется в результате расплавления легкоплавких примесей формовочной смеси и приваривания ее к поверхности. Поскольку в большинстве случаев температура плавления формовочной смеси выше температуры заливки металла, то термический пригар сам по себе не образуется, а является продолжением химического пригара.

Однако данную классификацию пригара на разные виды следует считать условной. В реальных отливках на поверхности чаще всего образуется пригар нескольких видов. Проникший в поры литейной формы металл (механический пригар), окисляясь, вступает в химическое взаимодействие с компонентами формовочной смеси, которые, в свою очередь, взаимодействуя друг с другом, образуют легкоплавкие соединения. В результате на отливке появляется так называемый комплексный пригар.

Для улучшения чистоты поверхности и борьбы с пригаром на чугуновых отливках в формовочную смесь вводят специальные антипригарные добавки, обеспечивающие ей оптимальные свойства. Величина пригара, степень шероховатости, а также качество отливки в целом, в значительной мере обусловлены зерновым составом смеси и применяемыми антипригарными добавками. При производстве отливок из чугуна в качестве антипригарных добавок широко применяются разнообразные углеродосодержащие материалы (УСМ).

Среди УСМ, применяемых в настоящее время в литейных цехах, наибольшее распространение имеет молотый или гранулированный каменный уголь. В процессе термодеструкции и рекомбинации углеводородных радикалов УСМ образуется пироуглерод, который покрывает поверхность зерновой основы и изменяет условия взаимодействия жидкого металла с материалом формы. При нагреве в УСМ (жидком или твердом) образуется газовая углеводородная фаза, которая подвергается термическому разложению с

выделением углерода в виде твердой фазы. Отливки из чугуна, полученные с добавками каменноугольной пыли имеют высокую чистоту поверхности. Однако этот материал не полностью отвечает современным условиям литейного производства по многим параметрам. К числу основных проблем связанных с применением каменного угля в качестве компонента формовочной смеси можно отнести следующее [3]:

- недостаточный противопригарный эффект и связанная с этим необходимость высокого содержания угля в смеси;
- повышенная газотворность смеси;
- накопление в формовочной смеси золы, серы и азота;
- увеличение влагоемкости формовочной смеси из-за повышенного содержания пылевидных частиц угля и кокса;
- увеличенный расход бентонита в следствии снижения его термостойкости в присутствии угля и продуктов его разложения;
- значительные выделения в атмосферу цеха вредных для здоровья людей продуктов пиролиза угля;
- низкий процент выхода пироуглерода.

В этой связи возникает вопрос о целесообразности использования каменного угля и других УСМ в качестве антипригарных добавок, т.к. коэффициент их полезного действия – (образование пироуглерода) очень низкий, а загрязнение окружающей среды побочными продуктами достаточно высокое [4]. В целях улучшения экологической обстановки, а также экономии УСМ целесообразно использовать в качестве антипригарных добавок комплексные формовочные материалы – так называемые компаунды.

В настоящее время в России разработаны и прошли производственные испытания такие компаунды, как – Блескол, Литакарб и Блескол-П. [4], которые по противопригарным свойствам соответствуют немецкому компаунду Antrapur 200RU. Наибольший противопригарный эффект обеспечивает добавка Блескол-П. Применение добавки Блескол-П приводит к снижению литейных дефектов и снижению шероховатости литой поверхности.

1. Теория литейных процессов: учебник [Текст] / В.И. Белов и др. под ред. Хосена Ри. – Хабаровск: Изд-во «РИОТИП» краевой типографии, 2008. – 580с.

2. Кваша, Ф.С. «Взрывной пригар» [Текст] / Ф.С. Кваша // Литейное производство. – 2002, – №12. – С.14-16.

3. Кваша, Ф.С. Современные углеродсодержащие противопригарные материалы для песчано-глинистых формовочных смесей. Состояние и перспективы [Текст] / Ф.С. Кваша, Л.П. Туманова // Литейное производство. – 2003. – №10. – С.20-24.

4. Григор, А.С. Применение в составе песчано-глинистых смесей противопригарных механоактивированных композиций / А.С. Григор, В.А. Марков, Ю.Н. Антуфьев // Литейное производство. – 2011. – №1. – С. 10-14.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУППОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

А.М. Марков, д.т.н., профессор, М.И. Маркова, к.т.н., доцент, Е.М. Плетнева, аспирант, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из актуальных вопросов современного производства в настоящее время остается вопрос баланса таких показателей как время, качество и затраты на производство. Динамичный рынок требует выпуска новой недорогой, но качественной продукции в быстрые сроки. Понятно, что для этого необходимо обладать современными средствами производства и автоматизации. И мы видим, что на предприятиях в этот сектор вкладываются огромные инвестиции. Оправдывают ли они ожидания руководителей? Где гарантированный рост показателей производства? Зачастую мы слышим о достоинствах автоматизации, но кроме общих фраз мало где можно найти численные показатели

увеличения производства. Практически, все предприятия обзавелись CAD, CAM, CAE, ERP или MES системами, станками с ЧПУ и прочими средствами автоматизации, однако разработчики не останавливаются, идут дальше и убеждают, что вся сила в автоматизации. Естественно без ее уже не обойтись, но если исходить из того, что на предприятии есть автоматизированная система, с набором основных функций проектирования, пусть даже не последнего релиза, и станки с ЧПУ, то стоит ли дальше вкладываться в автоматизацию. Есть и другие пути повышения производительности, не требующий таких инвестиционных вложений, но о них в современной реальности мало кто говорит.

Одной из эффективных форм организации автоматизированного производства является метод групповой обработки деталей. Суть метода заключается в объединении различных по конфигурации деталей по деталям операциям, по таким критериям как тип оборудования, технологическая оснастка, единство настройки станка[1]. Но при формировании групп во внимание принимаются не только конструктивные признаки деталей, но и точностные (точность размеров и шероховатость обрабатываемых поверхностей), технологические (общность технологии), инструментальные (общность оснащения), организационно-плановые (единое планирование и организация производства). В современных условиях мелкосерийного производства за основу формирования групп целесообразно использовать тип оборудования. Но это является предварительным этапом, далее детали классифицируются в группы, при обработке которых необходима общая технологическая оснастка и общность настройки станка. При этом в состав группы могут быть включены заготовки различной конфигурации и различных типов.

Предлагается следующий алгоритм формирования технологических групп (рис.1)[2].



Рисунок 1 – Алгоритм проектирования группового технологического процесса

После анализа деталей и определения вида заготовок, производится декомпозиция каждой детали на элементарные поверхности, которые классифицируются с использованием ЕСКД [3]. Однотипные поверхности объединяются в группы. После чего для каждой поверхности выбирается оборудование, на котором она может быть обработана, необходимый инструмент и оснастка. Рассматриваются все возможные варианты. Затем определяется последовательность обработки поверхностей (таблица 1), и рассчитывается время обработки поверхностей, с помощью САРР-систем.

Таблица 1. Группирование деталей по деталям операциям с учетом последовательности обработки, где индекс – номер установка детали.

Фрезерный станок	№ детали						Токарный станок	№ детали						
сверл.мал.отв.	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>	5 <sub>3</sub>				подрезка торца	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1,2 <sub>1</sub>	1 <sub>1</sub>	1,2 <sub>1</sub>
фрезер.контура	6 <sub>4</sub>	6 <sub>4</sub>	6 <sub>4</sub>				сверл.центр.отв.	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>		2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	2 <sub>2</sub>	
фрезер.вер.пов-ти		4 <sub>3</sub>	4 <sub>3</sub>				расточив.центр.отв.	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>		3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>	
сверл.центр.отв.			2 <sub>3</sub>				точение цилиндра	4 <sub>2</sub>					4 <sub>2</sub>	3 <sub>2</sub>
фрезер.центр.отв.			3 <sub>3</sub>				точение пов-ти						5 <sub>2</sub>	
фрезер.паза														

Далее осуществляется выбор варианта обработки детали с наименьшим временем обработки и формируется первоначальный технологический маршрут обработки детали. Поскольку станки могут быть загружены неравномерно, необходимо провести анализ загрузки оборудования и перераспределить обработку деталей (рисунок 2) с целью сокращения простоя станков. Формируется измененный технологический маршрут, оформляется задание на обработку для имеющегося оборудования и групповые технологические процессы.

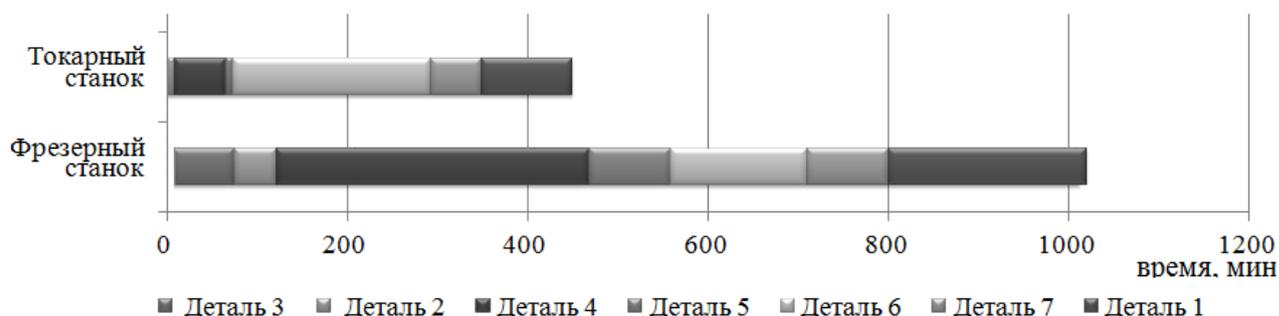


Рисунок – 2. Скорректированная последовательность обработки деталей на станках

Для проектирования группового технологического процесса был написан макрос на языке VBA в MS Excel, который позволяет сформировать группы деталей по деталям операциям, получить последовательность обработки деталей и задание на обработку для оборудования.

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет группировать детали по деталям операциям и сформировать оптимальное задание на обработку для имеющегося оборудования, что обеспечивает снижение себестоимости продукции и повышение производительности труда без дополнительных затрат. Данный метод применим и экономически оправдан для современных предприятий в условиях мелкосерийного и серийного производства.

#### Список литературы:

1. Марков А.М., Маркова М.И., Плетнева Е.М. Алгоритм проектирования группового технологического процесса механической обработки деталей. // Обработка металлов: технология, оборудование, инструменты. – 2012. – № 4 (57). – С. 5–9.

2. Митрофанов С. П. Групповая технология машиностроительного производства Т 1 Организация группового производства Л.: Машиностроение, 1983. 407 с.
3. Элементы деталей по классификатору ЕСКД.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАКАТНОГО ИНСТРУМЕНТА

Марков А.М. - д.т.н., профессор, Гайст С.В.- магистрант,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Одним из наиболее распространенных инструментов для получения регулярного рельефа является накатные ролики, для изготовления которых используют легированные (ШХ15, ХВГ, 9Х, 5ХНМ, Х12), углеродистые инструментальные (У10А, У12А), инструментальные штамповые (Х6ВФ, Х12М, Х12Ф1), быстрорежущие (Р6М5, Р9) стали, а также твердый сплав (ВК8). При этом затраты на материал составляют до 40% от общих затрат на изготовление инструмента.

Одним из перспективных путей снижения затрат на изготовление накатного инструмента является использование конструкционных сталей, упроченных химико-термической обработкой, в частности борированием и боротитанированием, широкого распространения. Однако из-за отсутствия научно-обоснованных зависимостей между технологическими параметрами процесса упрочнения, эксплуатационными свойствами инструмента и конечными параметрами качества накатанных поверхностей указанные методы упрочнения для изготовления накатного инструмента до сих пор не получили.

Установление указанных зависимостей возможно путем проведения математического моделирования в среде SolidWorks. На рис.1 представлено распределение напряжений на рабочей поверхности зуба накатного инструмента. Как видно из диаграммы наиболее опасными участками являются вершина зуба и его основание.

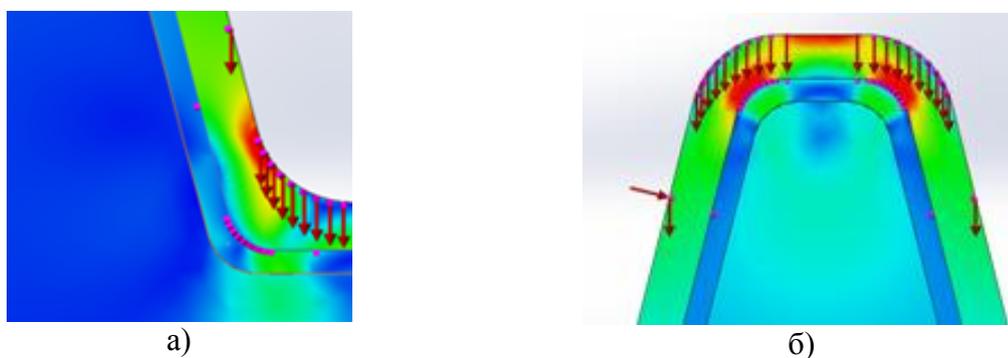


Рисунок 1. Результаты моделирования напряженного боротитанированного слоя накатного ролика (Сталь 45): а) – Основание зуба б) – Вершина зуба.



Рисунок 2- Экспериментальная установка

В ходе экспериментальных исследований процесса износа накатного инструмента, упрочненного методами химико-термической обработки решалась задача выявления зависимостей связывающих эксплуатационные характеристики инструмента (износостойкость) с технологическими параметрами его упрочнения.

Исследования проводились с использованием оригинальной экспериментальной установки (заявка № 2012 149 462/2 о выдаче патента на изобретение), устанавливаемой в резцедержателе токарного станка (рисунок 2), и позволяющей регулировать усилие прижима накатного ролика к обрабатываемой детали (рисунок 3).

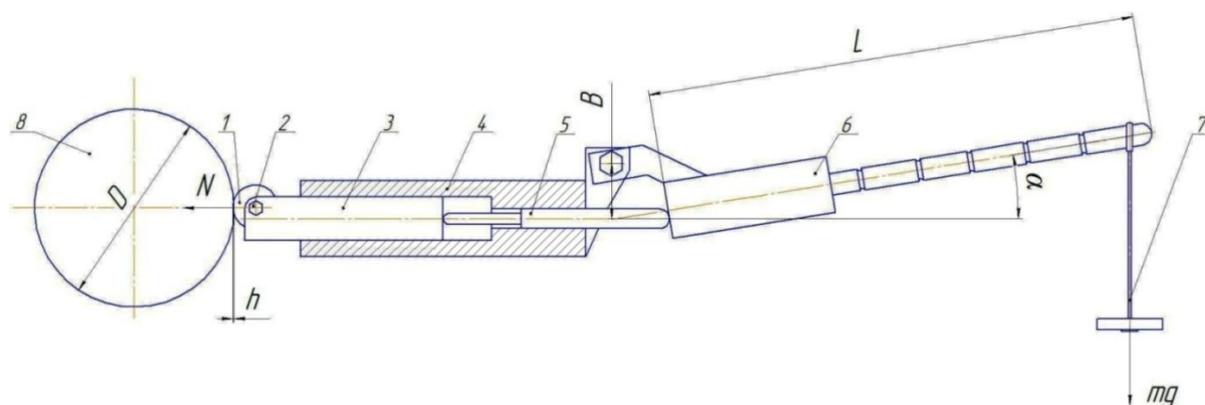


Рисунок 3 - Экспериментальная установка

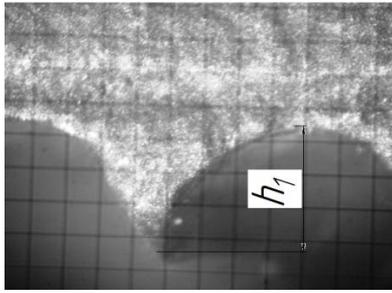
В качестве экспериментальных образцов используются накатные ролики, изготовленные из стали 45 и X12M, с треугольным профилем (рисунок 4), подвергнутые химико-термической обработки – борированию и боротитанированию.

Состав борированной смеси: карбид бора, активатор, углерод; состав боротитанированной смеси карбид бора, активатор, углерод, чистый титан.

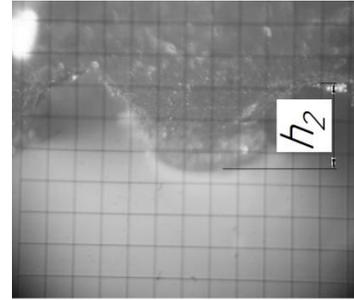


Рисунок 4 – Накатной ролик

В процессе накатывания определяют износ зубьев по изменению его высоты (рисунок 5). Измерение размеров ( $h_1; h_2$ ) производится с помощью настольного микроскопа, оснащенного рабочим столом и фотоаппаратом.



а)



б)

Рисунок 5 - Измерение износа зуба по изменению его высоты:  
а) – зуб в исходном состоянии; б) – изношенный зуб

В результате экспериментов получены зависимости величины износа зубьев от времени, представленные в виде графиков (рисунок 6 – рисунок 8).

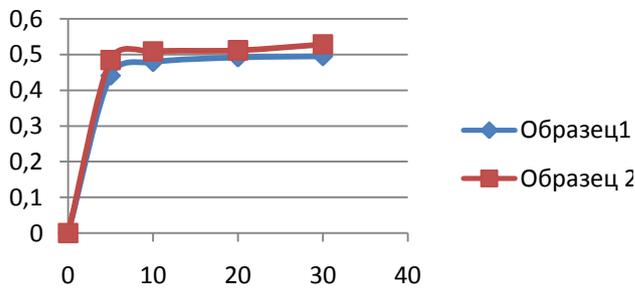


Рисунок 6. График зависимости износа зуба от времени Сталь 45 борирование

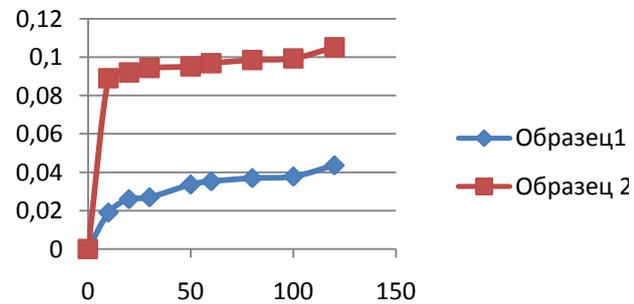


Рисунок 7. График зависимости износа зуба от времени Сталь У8

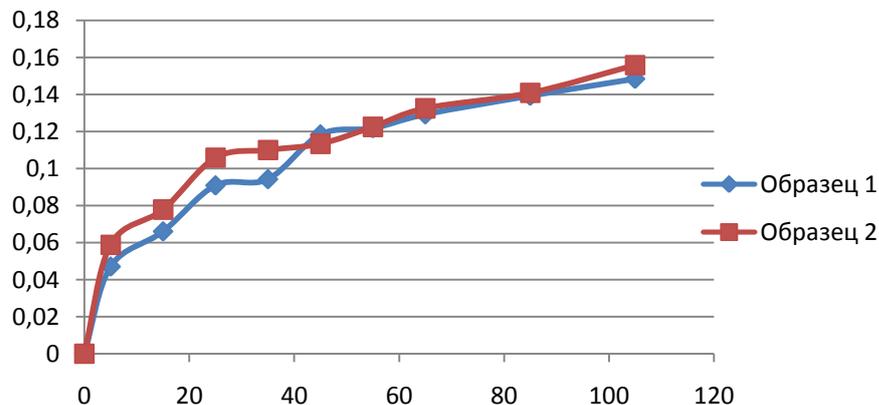


Рисунок 8. График зависимости износа зуба от времени Сталь 45 боротитанирование.

Эксперименты позволили сделать следующие выводы:

1. Замена инструментальной стали У8 на конструкционную сталь (Сталь 45), подвергнутую химико-термической обработки, целесообразно: стойкость накатных роликов подвергнутые боротитанированию, составляет порядка 105 минут, что сравнимо со стойкостью роликов из стали У8 – (120 мин.).

2. Замена инструментальной стали У8 на конструкционную сталь (Сталь 45), подвергнутый борированию, нецелесообразно, в связи с тем, что поверхностный слой очень хрупкий и на первой минуте работы накатного ролика выход из строя.

Дальнейшие исследования будут направлены на установление оптимального состава поверхностного слоя накатного инструмента и выявления оптимальных режимов накатывания для разных видов материала (цветные, черные металлы).

## ЛИТОЙ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ

Хоменко В.А. – д.т.н., профессор, Снегирев Д.И. – магистрант

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

Все большее внимание исследователей привлекает диффузионный способ неразъемного соединения материалов сваркой в вакууме.

Принципиальная возможность соединения твердосплавных пластин к державке инструмента методом диффузионной сварки в вакууме была доказана Н.Ф. Казаковым. Однако до настоящего времени этот вопрос мало изучен, на что указывает ограниченное количество опубликованных работ.

Метод диффузионной сварки в вакууме имеет следующие основные недостатки: необходимость применения специального дорогостоящего оборудования; длительность и высокая стоимость процесса сваривания.

В.А. Головачев и Н.А. Комаров, в своей работе, предложили способ соединения металлических частей специальным шестикомпонентным сплавом (Cu-Si-Ni-Fe-Mn-Zn), исключающим необходимость применения давления, и обеспечивающий ликвационную сетку твердых растворов в шве соединения и диффузию в соединяемые металлы. При соединении металлических частей таким сплавом на воздухе или в защитной среде, без механического давления, биметаллическое соединение получается высокопрочным, за счет диффузионных процессов между твердой и жидкой фазой. При этом способе соединение металлов с температурой плавления выше 935°C производится путем их нагрева до температуры плавления сплава. В шве соединения наблюдаются участки (зоны) диффузионного перемешивания атомов, способствующие повышению прочности биметаллических соединений.

К недостаткам данного метода относятся: дороговизна и трудоемкость изготовления специального шестикомпонентного сплава; низкая прочность соединения при высоких температурах, возникающих в процессе резания (соединение с помощью этого сплава выдерживает температуру до 600°C).

Во многих работах опубликованы результаты исследований, в которых процесс пайки пластинок совмещен с процессом отливки корпуса. С этой целью пластинки твердого сплава предварительно покрывают слоем припоя, а затем помещают в литейные формы и заливают расплавленным металлом и в этом случае присущие паяному инструменту недостатки сохраняются.

С целью повышения прочности режущего инструмента и снижения его стоимости ряд исследователей посвятили свои работы созданию бес припойных методов изготовления твердосплавного режущего инструмента.

Я.И. Брискин при участии И.И. Францевича изготовил твердосплавный инструмент с литым корпусом из модифицированного чугуна. Прочностные испытания резцов с пластинками из твердого сплава дали удовлетворительные результаты. При этом следует отметить, что сохранялись внутренние напряжения в твердом сплаве, возникшие в процессе охлаждения отливки. Кроме того, при неблагоприятном сочетании поперечного сечения заливаемых элементов пластины и корпуса наблюдалось в ряде случаев возникновение трещин или поломки инструмента, даже до сдачи в эксплуатацию.

Б.Л. Левин провел экспериментальную работу по изготовлению резцов из твердого сплава и литыми корпусами из модифицированного чугуна, авторы обнаружили, что тепловой удар на качество пластинок при заливке их металлом оказывает отрицательное влияние.

Н.А. Лапин при проведении экспериментальных исследований по изготовлению сверл из твердого сплава, констатирует наличие больших напряжений в державке и твердом сплаве.

И.А. Ревис с целью улучшения крепления пластинок твердого сплава в корпусе отливки предложил выполнять на пластинках рифления. Отливка инструмента ведется в земляные формы, материалом корпуса служит конструкционная сталь.

П.С. Першин отметил, что литье по выплавляемым моделям один из прогрессивных способов, указывая на его достоинства: в 2-3 раза снижает себестоимость инструмента за счет сокращения механической обработки.

Ю.Б. Капилевичем была разработана технология бес припойного соединения твердого сплава с корпусом инструмента методом литья по выплавляемым моделям. Технология позволяла получать прочное соединение корпуса инструмента с твердым сплавом группы ВК и нашла применение при изготовлении твердосплавного инструмента для обработки чугунов (резцы и фрезы).

Фирма "САНДВИК " с помощью диффузионной технологии соединения металла с твердым сплавом изготавливает валки редуцированных станков для прокатки труб с натяжением. Прокатные валки отличаются высокой износостойкостью (в 20-40 раз выше, чем у обычных чугунных валков), высокой чистотой поверхности, стабильностью размерных и геометрических параметров калибра валка и хорошей стойкостью к коррозии и образованию тепловых трещин.

Основные достоинства диффузионной технологии: минимальные напряжения в твердом сплаве и жесткая опора под твердым сплавом в результате отсутствия припоя, дают основание полагать, что инструмент, для силового резания, изготовленный с использованием бес припойного метода, будет отвечать предъявляемым к нему требованиям. Поэтому одним из этапов исследований является разработка технологии изготовления твердосплавных токарных резцов для силового резания на основе диффузионного соединения твердого сплава с державкой.

## ПЕРЕХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВЕНЬЕВ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Леонов С.Л. – д.т.н., профессор, Сыпачев И.С. – студент,

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

Колебания в металлорежущем оборудовании и его элементах обычно описываются гармоническими функциями. Математической моделью колебательной системы является звено второго порядка. Поэтому для технологов необходимо изучение динамических характеристик этого звена и влияния его параметров на эти характеристики.

С другой стороны, при выполнении научных исследований в области изучения динамических свойств упругих систем металлорежущего оборудования и его элементов необходимы количественные характеристики для сравнения свойств этих систем. Поэтому разработка программного обеспечения для расчета динамических свойств колебательных систем актуальна.

Динамические свойства системы наиболее подробно определяются ее переходной характеристикой [1,2]. Переходной характеристикой системы  $h(\tau)$  называется реакция системы (выходной сигнал) когда на вход подается единичное ступенчатое воздействие (рис.1).

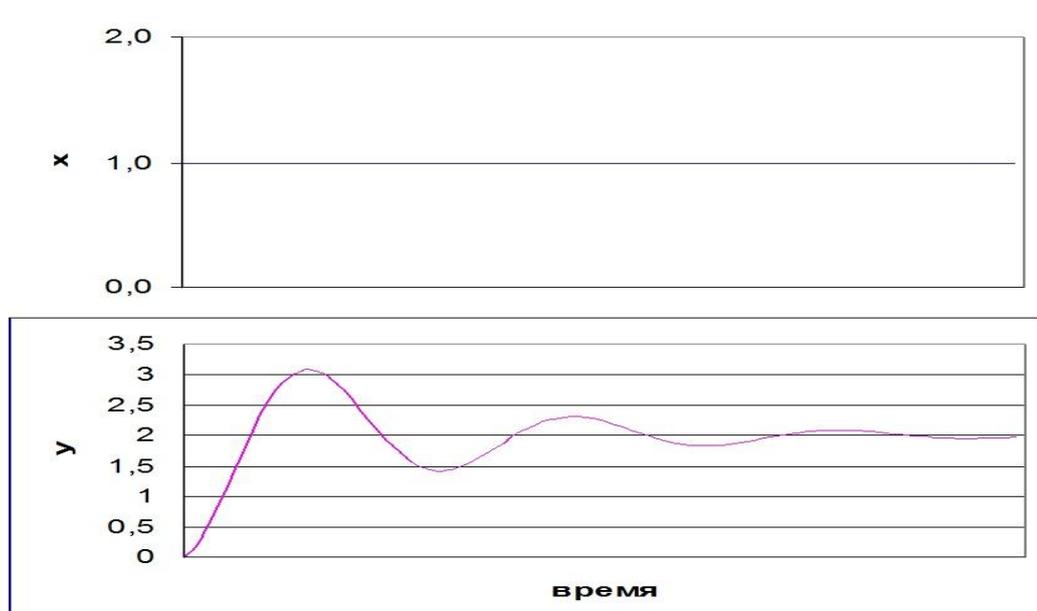


Рисунок 1 – Переходная характеристика

Звено второго порядка, соответствующее упругой системе станка, описывается дифференциальным уравнением:

$$m\ddot{y} + G\dot{y} + Cy = F, \quad (1)$$

где  $m$ ,  $G$  и  $C$  – соответственно, масса, демпфирование и жесткость,

$F$  – сила (входной сигнал),

$y$  – перемещение (выходной сигнал).

Для звена второго порядка дифференциальное уравнение (1) можно решить аналитически. При этом переходная характеристика определяется выражениями:

$$h(\tau) = \frac{1}{C} + \begin{cases} C_1 e^{r_1 \tau} + C_2 e^{r_2 \tau}; & \text{при } G^2 > 4mC; \\ e^{bz} (C_1 \sin \omega \tau + C_2 \cos \omega \tau); & \text{при } G^2 \leq 4mC; \end{cases} \quad (2)$$

где  $r_1, r_2$  – действительные корни характеристического уравнения;

$b, \omega$  – действительная и мнимая часть комплексных корней характеристического уравнения;

$C_1, C_2$  – коэффициенты, определяемые начальными условиями.

Для удобства сравнения переходных характеристик вводятся специальные параметры качества (рис. 2):

1. Коэффициент передачи (усиления)  $k$ .
2. Перерегулирование  $\delta$  - в абсолютных значениях или в процентах от  $k$ .
3. Время переходного процесса  $t_{п}$ .
4. Колебательность  $N$  – количество полных колебаний за время  $t_{п}$

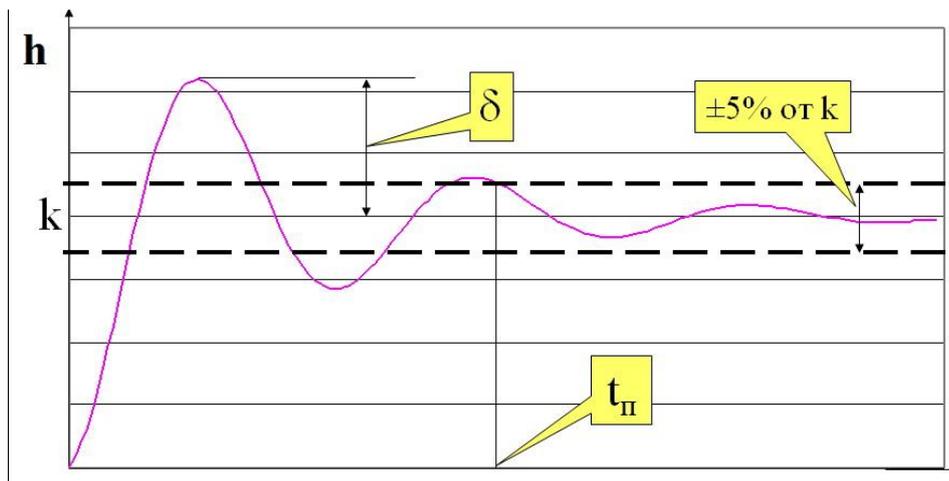


Рисунок 2 – Параметры переходной характеристики

Для автоматизации расчетов переходной характеристики и ее параметров качества в среде табличного процессора MS Excel с использованием VBA разработано программное обеспечение. В настоящее время готовится оформление документов на получение свидетельства о государственной регистрации этой программы.

Исходными данными программы являются масса  $m$ , демпфирование  $G$  и жесткость  $C$ , значения которых необходимо ввести в соответствующие ячейки программы (рис. 3). После задания исходных данных, необходимо нажать на кнопку «Расчет». Программа рассчитает и выдает на экран основные параметры системы: вид звена, коэффициент передачи, время переходного процесса, перерегулирование, колебательность, а также – график переходной характеристики. При необходимости все эти данные можно распечатать на принтере, используя стандартные средства MS Excel.

Время выполнения программы не превышает 1 секунды. Программу планируется использовать в учебном процессе в курсе: "Теория автоматического управления", а также для выполнения инженерных расчетов.

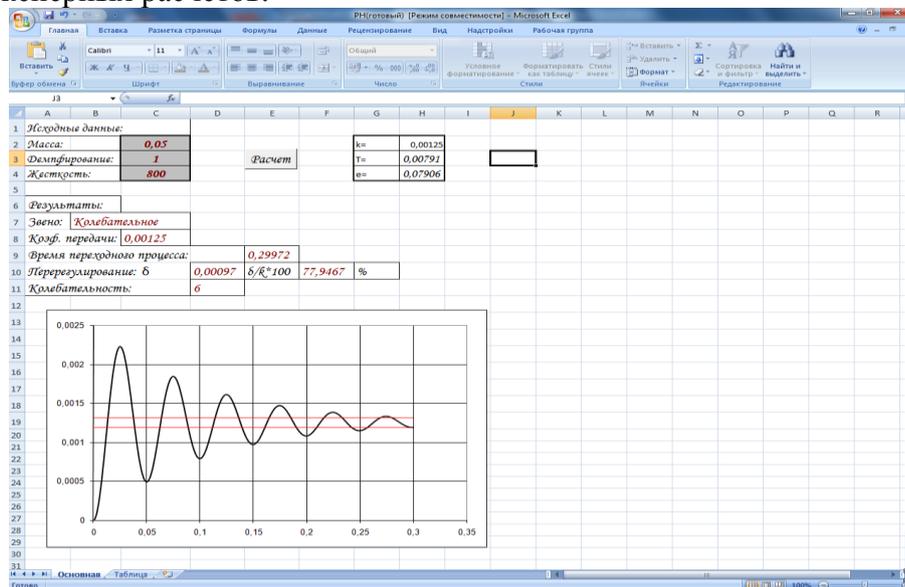


Рисунок 3 – Экранная форма программы

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. -М., Наука, 1975. -767 с.
2. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. М.: Машиностроение, 1978. -736 с.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА СМЕННОЙ МНОГОГРАННОЙ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ПРИМЕРЕ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

Щербаков Н.П. – к.т.н., доцент, Орлов А.В. – магистрант,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В современных условиях, при постоянно увеличивающейся номенклатуре режущих материалов и фирм, изготавливающих инструмент на их основе, когда сроки проектирования технологического процесса (ТП) изготовления детали должны сокращаться и одновременно повышаться требования к качеству, актуален вопрос использования новых подходов для проектирования технологии изготовления в части оптимального выбора сменных многогранных пластин (СМП) для сборных режущих инструментов. Выбор СМП для инструмента чаще всего осуществляется с помощью бумажных и электронных каталогов. Это является основной проблемой, представляющей собой большую рутинную работу. Ручной (неавтоматизированный) подбор инструментов считается неправильной организацией работы специалистов.

Один из новых подходов можно реализовать с использованием компьютерных технологий и электронно-вычислительной техники. В настоящее время наилучшая форма организации процесса проектирования ТП изготовления детали достигается при применении систем автоматизированного проектирования (САПР). Эффективность автоматизированного проектирования возрастает с увеличением доли использования ЭВМ в общем цикле проектирования ТП изготовления детали.

Комплексное использование САПР позволяет: снизить трудоемкость работ по проектированию и повысить качество проектных решений, сократить сроки и стоимость технологической подготовки производства, создать предпосылки эффективной организации производства.

В современном производстве около 70% обрабатываемых деталей составляют изделия типа тел вращения, а в машиностроении эта цифра составляет - 60%, поэтому в качестве предмета исследования был взят процесс выбора СМП для сборного инструмента на примере токарных резцов.

Автоматизация выбора оптимальной СМП для сборного токарного инструмента при проектировании технологии изготовления детали позволяет сократить сроки проектирования ТП и повысить качество проектных решений.

Создание программного модуля, осуществляющего выбор оптимальной СМП проведено на базе научных основ технологии машиностроения, автоматизации технологии проектирования ТП, на этих же основах создана база данных СМП для сборного токарного инструмента, из которой производится выбор оптимальной СМП для проектируемого перехода или операции.

В направлении автоматизации выбора оптимальной СМП для сборного токарного инструмента, проведена работа по созданию прототипа программного модуля с базой данных сменных многогранных пластин фирмы Sandvik Coromant. Эта работа проведена с использованием стандартной офисной программы Microsoft Office Excel, в которой используется язык программирования VBA, данный прототип осуществляет автоматизированный подбор рациональной сменной многогранной пластины для заданных технологических параметров.

Использование разработанного программного модуля позволяет снизить трудоемкость проектирования технологических процессов на 20-30%. Достижение такого показателя существенно снижает затраты на проектирование технологических процессов и повышает скорость внедрения новых или модернизированных деталей, при сохранении или повышении качества проектных решений, т.к. снижается влияние человеческих факторов на процесс проектирования. При должной отладке разработанного модуля, снизится потребность в высококвалифицированных кадрах вследствие упрощения задачи выбора СМП для сборного токарного инструмента, которая будет сводиться к вводу технологической

информации (материал и твердость заготовки, размерные допуски, шероховатость поверхностей и т.д.) и оценке полученного проектного решения.

Дальнейшими задачами данной работы является написание и отработка рекомендаций по использованию модуля на практике в проектировании ТП.

## РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРОСТРАНСТВЕННО СЛОЖНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Иконников А.М. – к.т.н., доцент, Богомолов В.В. магистрант,  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В машиностроении широко используются высокопроизводительные процессы изготовления деталей различными способами штамповки. В качестве инструментов для осуществления этих процессов используются пуансоны и матрицы. При этом качество рабочей поверхности формообразующего инструмента играет существенную роль в надежности его работы, что вызывает необходимость повышения качества рабочих поверхностей инструментов.

Качество рабочих поверхностей инструментов во многом определяется состоянием поверхностного слоя. Для формообразующего инструмента, к которому предъявляются повышенные требования по прочности и износостойкости, являются важными такие характеристики поверхности как шероховатость, отсутствие микротрещин, микротвердость, коррозионная стойкость. Основные свойства поверхности формируются в процессе её изготовления и, особенно, на отделочных операциях, которым в технологических процессах необходимо уделять особое внимание. Всё возрастающие требования к надежности инструментов вызывали необходимость совершенствования технологического процесса их изготовления, на базе применения новых отделочных методов обработки. Наиболее эффективными способами для обработки инструментов с фасонной поверхностью рабочей части являются методы, основанные на использовании эластичной связки или незакрепленного абразива.

Для решения приведенных выше проблем был разработан метод магнитно-абразивной обработки (МАО). Данный метод сочетает достоинства обработки свободным и закреплённым абразивом. Само понятие «магнитно-абразивная обработка» объединяет большую совокупность способов абразивного резания, использующих магнитное поле непосредственно в зоне обработки. МАО представляет собой – механический или механохимический съём металла и его окислов с поверхности обрабатываемой детали, а также сглаживание микронеровностей путем их пластического деформирования зёрнами магнитно-абразивного порошка.

К настоящему времени на способы МАО и устройства для их воспроизведения выдано более 250 патентов на изобретения и авторских свидетельств [1].

Все приспособления для МАО можно классифицировать по ряду конструктивных признаков.

Эти признаки позволяют классифицировать практически любое устройство для магнитно-абразивной обработки.

Электромагнитные индукторы нашли широкое применение при магнитно-абразивном полировании. Их основным достоинством считаются удобство управления средним значением индукции в рабочих зазорах путем регулирования тока в намагничивающих катушках. С помощью электромагнитов удается создавать поля с  $B=0,8\div 1,4$  Тл в рабочих зонах с большим межполюсным расстоянием.

Таблица 1 Морфологическая таблица конструктивных признаков магнитных индукторов

Конструктивные признаки	Альтернативные варианты			
	<i>Тип источника магнитного поля</i>	Устройства на постоянных магнитах	Устройства на электромагнитах	_____
<i>Характер тока</i>	Постоянного тока	Переменного тока	_____	_____
<i>Вид главного движения</i>	Вращение	Осцилляция	Вращение и осцилляция	Поступательное
<i>Форма индуктора</i>	Цилиндрические	Призматические	Специальные	_____
<i>Форма рабочей поверхности</i>	Плоская	Цилиндрическая	Фасонная	Трансформируемая
<i>Степень универсальности</i>	Специальные	Специализированные	Универсальные	_____
<i>Тип обрабатываемых поверхностей</i>	Наружные поверхности вращения	Внутренние поверхности вращения	Плоскости и линейчатые фасонные поверхности	Трехмерные фасонные поверхности и

Электромагнитные индукторы удобны с точки зрения размагничивания рабочей зоны. Для изготовления электромагнитных индукторов не требуется дорогих и дефицитных материалов. К их недостаткам относятся большие размеры и масса намагничивающих катушек и индукторов в целом, затрудненная доступность к рабочей зоне, необходимость в отдельном блоке питания и управления индуктором, в герметизации катушек от попадания смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ). Для вращения индукторов необходимы скользящие электроконтакты, которые быстро изнашиваются и требуют частого ремонта. Близкое расположение полюсов электромагнитов приводит к появлению больших магнитных потоков рассеивания. Из-за этого бывает затруднено или невозможно полирование труднодоступных поверхностей и немагнитных материалов.

Таким образом, электромагнитные индукторы имеют ряд недостатков, проявления которых можно избежать за счет применения индукторов на постоянных магнитах. Выделим из общей морфологической таблицы признаки свойственные индукторам на постоянных магнитах.

Таблица 2 Морфологическая таблица конструктивных признаков индукторов на постоянных магнитах

Конструктивные признаки	Альтернативные варианты			
	<i>Вид главного движения</i>	Вращение	Осцилляция	Вращение и осцилляция
<i>Форма индуктора</i>	Цилиндрические	Призматические	Специальные	_____
<i>Форма рабочей поверхности</i>	Плоская	Цилиндрическая	Фасонная	Трансформируемая
<i>Степень универсальности</i>	Специальные	Специализированные	Универсальные	_____
<i>Тип обрабатываемых поверхностей</i>	Наружные поверхности вращения	Внутренние поверхности вращения	Плоскости и линейчатые фасонные поверхности	Трехмерные фасонные поверхности

Использование постоянных магнитов для создания магнитного поля в рабочих зазорах позволяет отказаться от электрических схем питания индукторов, уменьшить вероятность остановки процесса полирования в связи с выходом из строя электрических аппаратов или электрического пробоя намагничивающих катушек. Отпадает необходимость в тщательной герметизации индуктора от попадания СОЖ. Из-за отсутствия намагничивающих катушек резко уменьшаются габаритные размеры и масса индуктора, что влечёт за собой множество конструктивных преимуществ.

На основе приведённой классификации можно легко описать конструкцию устройства для MAO на постоянных магнитах в контексте предъявляемых к нему требований. Например, устройство с повышенной степенью универсальности, согласно приведенной классификации, должно позволять проводить обработку наружных и внутренних поверхностей вращения, плоскостей и линейчатых фасонных поверхностей, а также трехмерных фасонных поверхностей. Вид главного движения предпочтителен вращательный, как наиболее простой в реализации. Форма рабочей поверхности индуктора должна иметь возможность трансформации для обработки поверхностей различного профиля. Таким образом, главным требованием к данному типу устройств является их универсальность.

Таким образом, можно сделать вывод, что одними из основных направлений по разработке устройств для MAO являются: повышение универсальности, использование простых методов реализации рабочего движения, обеспечение возможности обработки поверхностей различных геометрических форм.

#### Список литературы:

1. Барон Ю.М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов. – Л.: Машиностроение . Ленингр. Отделение, 1986.-176 с.  
Пат. 2220836 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 24 В 31/112. Устройство для магнитно-абразивной обработки/ Федоров В.А., Ситников А.А., Татаркин Е.Ю., Иконников А.М., Балашов А.В., Коневский И.Ф.; заявитель и патентнообладатель Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. - №2002110718/02; заявл. 2002.04.22; опубл. 2004.01.10