

Рисунок 2 – Алгоритм эвристического синтеза метода обработки

Алгоритм эвристического синтеза относительно выбранного прототипа, т.е. наиболее близкого по технической сущности МИД представлен на рис. 2 и может быть применен в том случае, если в действующем производстве необходимо улучшить качество обрабатываемых деталей и другие технико-экономические показатели операции или техпроцесса. Наиболее важными этапами вышеуказанного алгоритма являются поиск и анализ прототипа с определением технического или физического противоречий, а также поиск путей решения выявленных противоречий с формированием вариантов приемлемых технических решений. Их анализ и выбор оптимального метода изготовления детали осуществляется по заранее выбранному критерию оптимальности (себестоимости, производительности, стойкости инструмента и т.д.) Для реализации выбранного МИД может быть осуществлена разработка нового или модернизация существующего оборудования, инструмента и тех-

нологической оснастки. При технологической подготовке производства деталей из новых конструкционных материалов может возникнуть необходимость проектирования индивидуального метода изготовления детали, имеющего принципиальные отличия от всех существующих. В этом случае проектирование осуществляется по алгоритму, представленному на рис. 3, который включает в себя синтез технического решения по каждой характеристике МИД и технологическим объектам его реализации. В каждом из блоков алгоритма после выбора тех или иных характеристик МИД осуществляется проектирование и расчет средств их реализации. Разработанные математические выражения и формальные алгоритмы позволяют приступить к созданию подробных алгоритмов и программ для математического моделирования структурного и параметрического синтеза методов изготовления деталей с применением ЭВМ.

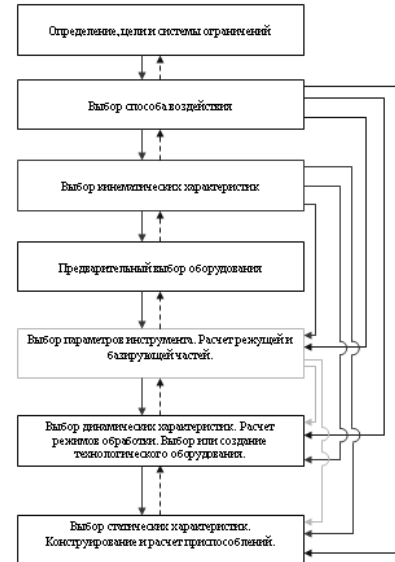


Рисунок 3 – Алгоритм морфологического синтеза метода обработки

## Выводы

1. Решение задачи совершенствования существующих и создания новых методов изготовления деталей осуществлено с помощью системного анализа. МИД рассмотрен как подсистема более крупной системы «Технологический процесс» с присущими ему свойствами. Представление МИД как технической системы позволило разработать его информационную модель, которая оценивается рядом соотношений, определяющих функцию, техническую характеристику и технологическую структуру системы на всех уровнях расчленения.
2. Предложена классификация технологических цепей, достигаемых при реализации методов изготовления деталей и осуществлена их квантификация. Анализ взаимосвязей технологических целей с характеристиками метода изготовления деталей, осуществленный с помощью теории графов позволил выявить его характеристики, влияющие на наибольшее число технологических цепей.
3. Используя методы математической логики и теорию множеств, была разработана математическая модель метода изготовления деталей, показывающая взаимосвязи его характеристик с другими технологическими объектами, участвующими в процессе изготовления деталей. Логические выражения, составляющие данную модель, позволяют установить порядок синтеза метода изготовления детали и средств его технического оснащения, в том числе с помощью ЭВМ.
4. Разработаны обобщенные алгоритмы для морфологического и эвристического структурного синтеза метода изготовления, применяемые при его совершенствовании. В результате анализа эвристического алгоритма выявлено, что наиболее важным этапом при совершенствовании методов изготовления деталей является определение физического или технического противоречия, а также нахождение действий и средств для его разрешения.
5. На основании разработанной методологии разработаны новые методы, способы и приемы механообработки деталей типа зубчатых колес, рычагов, втулок и валов. Для их реализации созданы конструкции круглодиагональных протяжек (А.С. № 1096061, 1287996, 1440633), деформирующих и деформирующее-режущих протяжек и прошивок для обработки отверстий (А.С. № 1085710, 1159769, 1215894, 1399025, 1634398, 1703305), комбинированных ротационных инструментов (А.С. № 1162578) и многофункциональных инструментов для обработки деталей резанием и поверхностным пластическим деформированием (А.С. № 1237399, 1442327, 1572766).

Поступила в редакцию 15.04.2012

УДК 621.7.02

М.Ю. Куликов, д-р техн. наук; В.Е. Иноземцев; Мо Наинг У, Москва, Россия.

## СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ С ПОМОЩЬЮ КОМБИНИРОВАННОЙ МЕХАНОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

*Дана стаття присвячена забезпеченню якості поверхнього шару пористих спечених матеріалів. Вона відноситься до існуючих методів підвищення якості поверхні.*

*Данная статья посвящена обеспечению качества поверхностного слоя пористых спеченных материалов. Она относится к существующим методам повышения качества поверхности.*

*This article is devoted to ensuring the quality of the surface layer of porous sintered materials. It refers to the existing methods to improve the quality of the surface. The different factors affecting the machining at the surface. This problem is almost nobody has, so the solution to this problem, all as true.*

Обеспечение качества поверхностного слоя деталей из труднообрабатываемых материалов в процессе резания является важнейшей задачей в машиностроении, так как уровень качества полученной поверхности в дальнейшем скажется на эксплуатационном ресурсе всей детали и работоспособности конкретного узла. К таким труднообрабатываемым материалам можно отнести и пористую металлокерамику, получаемую в порошковой металлургии методами прессования металлических порошков с добавлением порообразователя [1] и спеканием при соблюдении ряда условий. Данная металлокерамика широко используется для изготовления антифрикционных вкладышей и втулок в автомобилестроении, машиностроении, приборостроении, нефтедобывающей промышленности и многих других отраслях. Предварительно готовые вкладыши из металлокерамических материалов смачивались маслом. Смазывание таких вкладышей осуществляется в процессе работы за счёт масла, которое удерживается порами в поверхности детали. В процессе получения заготовок формирование структуры материала полностью контролируется, в результате полученный материал обладает требуемой техническим регламентом пористостью и шероховатостью. Окончательные геометрические параметры антифрикционных вкладышей и втулок достигаются в результате чистовой механической обработки спеченных заготовок. Как показывают результаты лезвийной обработки, пористая структура поверхностного слоя металлокерамики значительно деформируется и процесс резания сопровождается затягиванием полостей пор деформируемым материалом. Данное явление значительно ухудшает качественные показатели поверхности готовых изделий. Происходит резкое снижение плотности пор на поверхности и в результате невозможно получить нужный эффект самосмазывания узлов трения из таких деталей.

Пористость поверхностного слоя в результате применения лезвийной обработки сокращается по сравнению с первоначальной в 1,7 – 2 раза. С целью повышения пористости поверхности металлокерамических спечённых материалов можно использовать рациональные режимы резания. Установлено, что на изменение пористости при механической обработке существенное влияние оказывают такие факторы, как вид материала применяемого режущего инструмента, скорость резания, величина подачи, глубина резания, геометрические параметры режущего инструмента, наличие и вид применяемой смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС). Таким образом, при исследовании процесса резания бронзографита и железографита установлено, что для пористых металлокерамических материалов с пористостью поверхности 18 – 25 % наиболее рациональным является использование высоких скоростей резания, применение твёрдосплавного инструмента с износостойким покрытием с минимальным радиусом вершины, имеющим минимальное округление режущей кромки. Передний и задние углы режущего инструмента должны находиться в рекомендуемых пределах – соответственно  $\gamma = 4-5^\circ$ ,  $\alpha = 7-8^\circ$ , подача не должна превышать 0,05 мм/об, глубина резания должна быть минимальной, но не должна быть меньше, чем радиус вершины режущего инструмента. Для чистовой механической обработки металлокерамических спечённых материалов рекомендуется использовать водорастворимые СОТС: Укринол-1М, Велс-1М. В ряде случаев этого может быть достаточно, если полученная пористость поверхности и шероховатость удовлетворяют техническим требованиям, предъявляемым к поверхности изделий пористых металлокерамических материалов.

Пористость и шероховатость поверхности готовых изделий указываются в сертификате качества продукции и являются основополагающими показателями качества поверхности для антифрикционных вкладышей и втулок. В некоторых случаях после чистовой механической обработки удаётся достигнуть нужной пористости поверхности, но при этом не достигается требуемая шероховатость. Применение СОТС при механической обработке позволяет воздействовать на варьирование пористости и шероховатости поверхности. Наиболее эффективным способом для получения требуемых параметров качества поверхностного слоя деталей из пористых металлокерамических материалов является комбинированная механоэлектрохимическая обработка с СОТС [2]. Химическая обработка заключается в интенсивном действии на обрабатываемую поверхность добавляемого в СОТС водного раствора сульфата меди (II), концентрация химического реактива и пропорциональное соотношение этого реактива к СОТС зависит от режимов резания, марки обрабатываемой пористой металлокерамики, от характера воздействия режущего инструмента на обрабатываемый материал.



Рисунок – Принципиальная схема установки для комбинированной электрохимической обработки

Электрическая цепь замыкается через струю химически активного раствора, попадающую из ёмкости с анодом в зону резания. В качестве анода служит поверхность обрабатываемой пористой металлокерамики, в качестве катода используется металлический стержень, помещённый в ёмкость с химически активным раствором. Величина тока и напряжения зависит от режимов резания, марки обрабатываемой металлокерамики, от вида материала инструмента и его геометрических параметров. Подключение анода к источнику питания лучше осуществлять посредством динамического токосъёмного устройства, контактирующего непосредственно с обрабатываемой заготовкой. Режущий инструмент желательно исключить из электрической цепи, так как при его износе изменяется сопротивление цепи, а также во избежание разрушения защитного износостойкого покрытия из-за действия электрического тока.

Применение данного комплекса механической обработки и электрохимической активации СОТС позволяет предотвратить затягивание пор и получить поверхностную пористость, соответствующую пористости заготовок при спекании, а также шероховатость, отвечающую техническим требованиям качества продукции.

**Список использованных источников:** 1. Бабич Б.Н., Вершинина Е.В., Глебов В.А. Металлические порошки и порошковые материалы. Справочник. – М.: ЭКОМЕТ, 2005. – 520 с. 2. Илюзнецов В.Е., Куликов М.Ю. Исследование влияния условий чистовой механической обработки металлокерамических спечённых материалов на качество обрабатываемой поверхности. Междисциплинарный сборник научных трудов «Физика, химия и механика трибосистем» Ивановского государственного университета. Трибологический центр ИвГУ. Выпуск Х. Иваново 2011. С. 88 - 93.

Поступила в редакцию 15.06.2012

С.Н. Лавриненко, д-р техн. наук, Харьков, Украина

## ВЛИЯНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА КАЧЕСТВО БИОИНЖЕНЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ПОЛИМЕРОВ

У статті представлені результати дослідження впливу марки інструментального матеріалу і геометричних параметрів ріжучого інструмента на якість поверхневого шару і стабільність експлуатаційних характеристик біоінженерних полімерних виробів.

В статті представлені результати дослідження впливу марки інструментального матеріалу і геометричних параметрів ріжучого інструмента на якість поверхневого шару і стабільність експлуатаційних характеристик біоінженерних полімерних виробів.

The paper presents the results of investigation of the effect of tool material mark and geometric parameters of the cutting tool on the quality of the surface layer and the stability of the performance of bioengineered polymer products.

Влияние инструментального материала и геометрических параметров режущего инструмента на качество поверхности и стабильность эксплуатационных характеристик бионженерных полимеров

Влияние инструментального материала на качество формируемого поверхностного слоя бионженерных изделий из полимеров определяется физико-химическим взаимодействием инструментального и обрабатываемого материалов. Низкая твердость полимеров, а также характер их деформации и разрушения в процессе резания, предполагает кинематическое копирование аморфным обрабатываемым материалом поверхностной структуры инструментального материала. Таким образом, инструментальный материал, обладающий более упорядоченной поверхностной структурой и, следовательно, минимальной шероховатостью режущей кромки, будет обеспечивать стабильно высокое качество обработанной поверхности. Причем упорядоченность этой структуры должна сохраняться возможно более длительное время, а сама поверхность – обладать низкими адгезионными свойствами, предотвращающими налипание частиц обрабатываемого материала и связанные с этим нарушения поверхностного слоя.

В результате исследований по определению износостойкости режущего инструмента был сделан вывод, что из инструментальных материалов наиболее полно изложенным выше требованиям отвечает природный монокристалл алмаза и группа алмазных сверхтвёрдых материалов, в частности, инструментальный материал марки СКМ-Р, обладающий мелкозернистой структурой.

Инструменты из быстрорежущих сталей обладают наименьшим значением радиуса округления режущей кромки из всех групп инструментальных материалов, однако это достоинство нивелируется низкой способностью

удерживать минимальное значение радиуса округления в течении длительного времени, а также более высокими адгезионными свойствами поверхности быстрорежущей стали по сравнению с СТМ. Режущие инструменты из твердых сплавов в частности группы ВК вследствие пористости структуры, больших значений радиуса округления режущей кромки по сравнению с быстрорежущей сталью и СТМ при обработке полимеров неэффективны.

На рисунке 1 представлена столбчатая диаграмма, отражающая значения шероховатости обработанной поверхности по параметру среднеарифметического отклонения профиля при чистовом фрезеровании на оптимальных режимах резания ( $v = 30$  м/мин,  $sz = 0,01$  мм/зуб,  $t = 0,3$  мм) режущим инструментом из различных инструментальных материалов, имеющим оптимальную геометрию ( $\phi = 45^\circ$ ;  $\phi_1 = 10^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\alpha_1 = 10^\circ$ ;  $\gamma = 0^\circ$ ). Как видно из столбчатой диаграммы минимальный уровень шероховатости достигается при использовании СТМ марки СКМ-Р:  $Ra = 1,9 \dots 2,1$  мкм. Следует отметить, что другие марки сверхтвёрдых материалов по сравнению с СКМ-Р обеспечивают худший уровень шероховатости (см. рис. 2).

Учитывая относительно высокую стоимость СТМ, а также ограниченную длину главной режущей кромки из-за ограниченного размера синтезируемого поликристалла можно рекомендовать СТМ марки СКМ-Р для операций полуставового и чистового фрезерования полимеров; а на операциях чернового фрезерования использовать быстрорежущую сталь марки Р6М5, как наиболее широко распространенную и удовлетворяющую комплексу технологических требований.

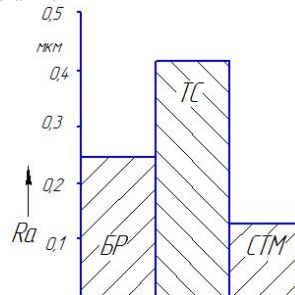


Рисунок 1 – Влияние различных инструментальных материалов на шероховатость обработанной поверхности ПОЛИМЕРОВ