

15. Перспективные технологии и методы контроля: монография; под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2009. – 521 с. – Пантелеенко, Ф.И. Структурообразование при борировании порошков из отходов производства стальной и чугунной дроби: гл. 7 / Ф.И. Пантелеенко, Е.Ф. Пантелеенко. – С. 176 – 204.

16. Современные перспективные материалы: монография; под ред. В.В. Клубовича. – Витебск: Изд-во УО «ВГТУ», 2011. – 599 с. – Блюменштейн, В.Ю. Исследование перспективных областей применения отходов производства дроби: гл. 8 / В.Ю. Блюменштейн, Ф.И. Пантелеенко, Г.В. Петришин – С. 208 – 232.

17. Исследование параметров напыления биокерамических плазменных покрытий на нанокристаллические подложки / В.А. Оковитый [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2010. – № 10. – С. 27 – 31.

18. Пантелеенко, Ф.И. Получение порошков из аустенитных сталей методом диффузионного легирования / Ф.И. Пантелеенко, В.А. Оковитый, А.Ф. Пантелеенко // Вестн. БНТУ. – 2010. – № 6. – С. 25 – 29.

19. Пантелеенко, А.Ф. Исследование диффузионно-легированных самофлюсующихся порошков на основе сталей аустенитного класса / А.Ф. Пантелеенко, О.Г. Девойно // Литье и металлургия. – 2013. – Вып. 1. – С. 104 – 107.

20. Формирование состава, структуры и свойств теплоизоляционных огнетеплозащитных материалов на основе вермикулита для промышленной энергетики / В.Т. Шмурадко [и др.] // Новые огнеупоры. – 2012. – № 8. – С. 39 – 44.

**УДК 621.91.04**

## **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ОСНАСТКА В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Н. Н. Попок, В. А. Данилов**

*Полоцкий государственный университет, Новополоцк*

Анализ тенденций современного развития механической обработки поверхностей деталей, станков и технологической оснастки показывает, что для повышения конкурентоспособности выпускаемых изделий широко применяется объединение технологий снятия припуска как различных операций механической обработки материала, так и согласованных между собой термической, химической и электроэрозионной обработок; дальнейшее расширение номенклатуры оборудования для комплексной обработки на одном станке все более сложных деталей и создание многофункциональных станков; широкое распространение модульного принципа построения технологической оснастки и станков. Модульный принцип предусматривает использование в технике унифицированных взаимозаменяемых модулей, из которых могут создаваться, например, различ-

ные компоновки металлорежущих станков, приспособлений, режущих инструментов. Этот принцип также используется в модульных технологиях, при модульном проектировании объектов и процессов, в мобильном производстве.

Многофункциональность режущего инструмента как одного из видов технологической оснастки может быть обеспечена путем:

1) комбинирования разных типов инструментов в одном («два в одном», «три в одном» и т.п.) и использование его в одном виде обработки (токарной, осевой, фрезерной и т. п.) [1];

2) комбинирования разных типов инструментов в одном и использовании его в разных видах обработки, например, при сверлении отверстий и фрезеровании резьбы) [2];

3) комплексной обработки поверхностей деталей на одном рабочем месте с использованием разных типов инструментов со взаимозаменяемым (унифицированным) блоком резцовым [3].

Многофункциональность обработки обеспечивается за счет изменения кинематики резания и применения соответствующего для каждой кинематической схемы типа режущего инструмента. Обобщение различных видов резания с прямолинейным и вращательным главным движением позволяет обработку с прямолинейным главным движением представить как частный случай обработки с вращательным главным движением при бесконечном радиусе траектории рассматриваемой точки режущей кромки в этом движении.

Качественные различия в процессе резания наблюдаются при переходе от одной разновидности обработки резанием к другой, которые характеризуются кинематическими схемами резания. Анализ этих схем показывает, что все кинематические схемы резания можно свести к некоторой обобщенной кинематической схеме, состоящей из пяти элементарных движений, из которой путем наложения соответствующих дополнительных условий можно получить кинематическую схему для любой разновидности обработки.

Дополнительными условиями, с использованием которых можно обобщенную кинематическую схему резания привести к любой схеме той или иной разновидности обработки, являются:

1. Принятие любого из трех движений, направления скоростей которых параллельны координатной оси OZ, главным движением резания.

2. Исключение из обобщенной кинематической схемы резания тех движений, которые не реализуются в данной разновидности обработки.

3. Изменение расположения схемы (окружности) неглавного вращательного движения путем ее поворота относительно точки М до установки оси этого движения в положение, параллельное той координатной оси, относительно которой задан угол взаимной установки инструмента и заготовки.

4. Корректировка направлений элементарных движений с учетом места их приложения к конкретной разновидности обработки.

5. Установление соотношений величины скорости элементарных движений резания.

Предлагаемая многофункциональная технологическая оснастка (МФТО), построенная по модульному принципу, позволяет обрабатывать различные поверхности деталей [4]. Технологическая оснастка формируется исходя из вида обрабатываемой поверхности и конструктивного элемента детали, выбирается режущая пластина, резцовый блок и корпусной модуль. В основе конструкции МФТО взаимозаменяемый резцовый блок, близкий к типу Д по ИСО, но отличающийся простотой конструкции блока и его изготовления, т.к. все пазы под пластину и прихват выполнены открытыми. Произведены исследования и испытания МФТО при обтачивании, растачивании, фрезеровании, обработке сферических поверхностей, которые показали надежность оснастки. Выпуск некоторых видов оснастки освоен на Оршанском инструментальном заводе.

Предлагаются прогрессивные виды механической обработки и соответствующее оборудование и оснастки, отличающиеся кинематикой процесса резания и станков и предназначенные, прежде всего, для сложных изделий и труднообрабатываемых материалов.

Разработан реализованный на токарно-затыловочном станке способ обработки круговых винтовых поверхностей, что позволило освоить производство для промышленных предприятий импортозамещающей продукции – роторов одновинтовых насосов [5].

Созданный широкоуниверсальный зубошлицефрезерный станок модели ВС50 [6] кроме нарезания зубчатых колес и шлицев реализует с помощью сменных обрабатывающих модулей и специальных режущих инструментов прогрессивные способы обработки червяков, некруглых валов, деталей с прерывистыми поверхностями типа кулачковых муфт, наружных и внутренних резьб и т.д. Заменяя по технологическим возможностям несколько станков, он наиболее эффективен в мелкосерийном и ремонтном производстве.

Разработаны высокопроизводительные способы обработки различными инструментами деталей с торцовым зубчатым контуром [7], создан специальный станок модели ВС30П-9253 для обработки индукторов антиблокировочной системы автомобилей методом непрерывного кругового протягивания [8], что позволило повысить производительность в 3 – 4 раза по сравнению с обработкой их на универсальных фрезерных станках методом единичного деления. Станок изготовлен по заказу Канашского автоагрегатного завода (Россия).

На базе автомата продольного точения создан станок-профилятор для одновременной обработки поверхностей вращения и плоских поверхностей [8]. За счет совмещения токарной и фрезерной операций исключается необходимость во фрезерном станке, сокращается производственный цикл, повышается производительность.

Предложены новые компоновки зубофрезерных и зубошевинговальных станков, улучшающие их технико-экономические показатели.

Реализованы различные виды ротационного точения: в режиме самовращения для обработки чугунных отливок с отбеленным слоем и титановых заготовок; фрезоточение в режиме принудительного вращения инструмента титановых заготовок; ротационное точение углеграфитовых материалов круглыми резцами большого диаметра (до 110 мм). Эти разработки внедрены на ряде предприятий России (Ступино, Вязьма и др.) и Беларуси.

Разрабатывается оборудование для обработки изделий машиностроения энергетическим лучом [9], для ионно-лучевой обработки, в частности, ионные источники высокоточного азотирования деталей погружных насосов, штамповой оснастки и др.

Выполняются конструкторские и технологические работы по созданию нового надежного оборудования, в частности, охладительного и печного оборудования на основе трубчатых теплообменников (совместно с НПО «Термапасс»), погружных насосов (совместно с НПО «ИнварЛТД»).

Таким образом, комплексный подход к синтезу рациональных схем формообразования поверхностей изделий машиностроения, кинематических схем их обработки, прогрессивных технологий снятия припуска, применение модульного принципа построения многофункциональной технологической оснастки позволили создать прогрессивные технологии формообразования, отвечающие современным тенденциям развития машиностроения.

## Литература

1. Шевляков, И.М. Обработка деталей на агрегатных и специальных станках / И.М. Шевляков, В.Д. Мельниченко. – М.: Машиностроение, 1972. – 201 с.
2. Schulz, H. Gewindef-rasbohren-ein Verfahren mit Kurzeren Hauptzeiten. Комбинированный инструмент для сверления и фрезерования резьбы / H. Schulz, S. Scherer. – Die maschine. – 1987. – № 10. – S. 18 – 23.
3. Маклоренс, Э. Многоцелевые станки / Э. Маклоренс // Мирская металлообработка, Sandvik Coromant. – 2006. – № 2. – С. 12 – 13.
4. Попок, Н.Н. Обеспечение мобильности машиностроительного производства на основе технологических модулей / Н.Н. Попок // Вестн. ПГУ. Сер. В. – № 8. – 2009. – С. 123 – 129.
5. Данилов, В.А. Обработка каналовых винтовых поверхностей / В.А. Данилов // Инновационные технологии в машиностроении: материалы междунар. науч.-техн. конф., посвященной 35-летию машиностроит. фак. ПГУ, Новополоцк, 19 – 20 окт. 2011 г. / В.А. Данилов, А.А. Чепурной // Полоц. гос. ун-т; под общ. ред. А.И. Гордиенко, В.К. Шелега. – Новополоцк, 2011. – С. 124 – 126.
6. Данилов, В.А. Новые технологии формообразования профильных и прерывистых поверхностей резанием / В.А. Данилов // Инженер-механик. – 2003. – № 3 (20). – С. 26 – 31.
7. Данилов, В.А. Синтез и реализация универсальных схем формообразования торцовых зубчатых контуров / В.А. Данилов, Р.А. Киселев, О.В. Яловский // Вестн. Полоцк. гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2011. – № 2. – С. 2 – 10.
8. Данилов, В.А. Опыт создания станочного оборудования по проектам научно-технических программ / В.А. Данилов, Р.А. Киселев, В.А. Терентьев // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. трудов VII Междунар. науч.-техн. конф.: в 3-х т. Т. II / под общ. ред. П.А. Витязя, С.А. Астапчика. – Новополоцк: ПГУ, 2009. – С. 300 – 304.
9. Станок для обработки прямозубых конических зубчатых колес: пат. 9345. МПК В 23А 17/00 / В.А. Данилов, Р.А. Киселев. – № u 20120967; опубл. 2012.11.08.