



Рис. 2. Схема реконфигурации башен квадруполя (а) и обработки детали фрезерного типа Ф (б): ПЗ, П4 – оппозитная (по отношению к П1, П2) пара динамических порталов

Предлагаемая квадрупольная компоновка станка требует решения по меньшей мере двух механических задач. Во-первых, нужно разработать систему быстрого и точного сцепления башен в портал. Между башнями должна возникать динамическая траверса.

Во-вторых, требуется подсистема развязки взаимно перпендикулярных направляющих в перекрестии в центре квадруполя. Возможным, хотя и энергетически затратным вариантом, является сочетание гидростатических горизонтальных направляющих.

#### Литература

1. Довнар, С. С. МКЭ-анализ бетонно-бионического бандажа подвижной колонны станка – Теоретическая и прикладная механика : междунар. науч.-техн. сб. / С. С. Довнар, А. М. Якимович, А. Д. Лапука / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол. Ю. В. Василевич (пред. редкол., гл. ред.). – Минск : БНТУ, 2022. – Вып. 37. – С. 132–137. <https://rep.bntu.by/handle/data/125456>.
2. МКЭ-анализ эффективности бионической исторической консоли в качестве колонны крупногабаритного станка / С. С. Довнар [и др.] // Систем. анализ и приклад. информатика. 2023. – № 2. – С. 13–23. <https://doi.org/10.21122/2309-4923-2023-2-13-23>
3. Dounar, S., Iakimovitch, A. & Jakubowski, A. (2021) Finite element analysis of the dynamically created portal in the huge machine tool of “travelling column” type. Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Szczecinie 65 (137). <https://repository.am.szczecin.pl/handle/123456789/2658>. <https://doi.org/10.17402/458>

УДК 621:681.51

## ПОВЫШЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ НА ОСНОВЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

В. А. Данилов

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск*

Повышение универсальности станков по форме обрабатываемых поверхностей эффективно при освоении производства изделий, для обработки которых требуются специальные станки. Альтернативой их созданию является расширение технологических возможностей существующих станков путем реализации прогрессивных технологий формообразования. В большей мере это важно для станочного оснащения

ремонтного, опытного и мелкосерийного производства, когда приобретение станка для решения определенной технологической задачи связано со значительными экономическими затратами. Примерами такого подхода является решение задач станочного обеспечения производства: деталей моментопередающих соединений с синусоидальным профилем и роторов одновинтовых насосов на токарно-затыловочном станке; деталей с торцовым зубчатым контуром на универсальном зубофрезерном станке и др. [1]. Станочное оборудование для обработки таких изделий было создано при сохранении возможности использования модернизированных станков и по прямому назначению, т. е. путем расширения их технологических возможностей.

Многообразие решаемых задач обуславливает необходимость выявления и использования типовых путей повышения универсальности станочного оборудования как при модернизации существующего, так и создании нового. Техническое решение по расширению технологических возможностей станка не является зачастую очевидным, а требует: обоснования метода и кинематики формообразования поверхности с учетом технических возможностей базового станка; анализа его кинематической структуры и функциональных связей между исполнительными движениями, возможности настройки их параметров для реализации принятого метода формообразования поверхности; разработки общей и кинематической схем ее обработки, оценки возможности и условий их реализации, исходя из геометрии формируемой поверхности, кинематики и компоновки модернизируемого станка.

Технически просто расширение технологических возможностей станка достигается путем задания рациональной структуры и настройки параметров исполнительных движений или за счет применения другого типа режущего инструмента без изменения кинематических связей в станке. Примером такого решения в первом случае является обеспечение возможности обработки на токарно-затыловочных станках синусоидальных цилиндрических поверхностей и круговых винтовых поверхностей, что существенно расширяет технологические возможности таких станков. Например, при сообщении производящей окружности винтового движения вдоль оси изделия формируется круговая винтовая поверхность. Заметим, что такими же движениями на токарно-затыловочном станке обеспечивается обработка задних поверхностей зубьев затылуемых инструментов (метчиков, червячных фрез), что и позволяет обрабатывать на нем круговые винтовые поверхности.

В поперечном сечении указанные поверхности формируются сложным движением профилирования, образованным вращением заготовки и согласованным с ним возвратно-поступательным движением резца в радиальном направлении. Согласование движений, необходимое для получения заданной формы поперечного сечения обработанной поверхности (соответственно, синусоидальная или окружность), осуществляется в станках для обработки сложных поверхностей механизмом-построителем, копировальной или числовой системой управления, обеспечивающих требуемую взаимосвязь этих движений.

От процесса затылования зубьев режущих инструментов профилирование круговой винтовой поверхности или синусоидальной цилиндрической поверхности отличается иным соотношением параметров указанных движений, что технически просто достигается без изменения кинематики станка заменой кулачка затылования кулачком, обеспечивающим кинематическое формирование соответственно окружности, эксцентрично расположенной относительно оси винтовой поверхности, или синусоидального профиля. Такое решение позволило, например, отказаться от приобретения специального станка и освоить при минимальных затратах обработку на

универсальном токарно-затыловочном станке роторов винтовых насосов для ремонта импортного технологического оборудования. Аналогично решена задача обработки на этом же станке наружных и внутренних синусоидальных цилиндрических поверхностей профильных моментопередающих соединений [1].

Расширение технологических возможностей шлицефрезерного станка без изменения кинематики обеспечено за счет другого типа режущего инструмента в соответствии с реализуемой схемой обработки. Применение, например, вместо червячной фрезы эксцентрично установленного цилиндрического инструмента (фрезы, шевера), некруглого или эксцентрично установленного круглого резца позволяет на этом станке обрабатывать по прогрессивным схемам формообразования некруглые валы профильных моментопередающих соединений.

В общем случае при обработке сложной поверхности предпочтительно ее кинематическое (бескопирное) профилирование, при котором отсутствуют погрешности, зависящие, в частности, от точности изготовления копиров в копируемых станках или метода интерполяции формируемой поверхности на станках с ЧПУ.

Для оценки возможности использования станка по иному назначению необходимо на основе результатов анализа рассмотреть возможность модификации его кинематической структуры на базе существующей кинематики, исходя из конкретной задачи расширения его технологических возможностей. При этом важно установить возможность реализации общих принципов синтеза рациональных схем формообразования поверхностей на станках, основные из которых следующие [2]:

- оптимизация структуры исполнительных движений, например, за счет исключения реверсивного движения путем замены его вращательным движением инструмента;

- совмещение исполнительных движений, например, формообразования и деления для упрощения схемы обработки поверхности и обеспечения возможности ее реализации на модернизируемом станке;

- перенесение функции исполнительного движения (формообразования, деления, врезания, ориентации и др.) на режущий инструмент или приспособление;

- обеспечение рационального сочетания скоростей элементарных движений, например, для стабилизации скорости исполнительного движения или управления ею по определенному закону;

- сообщение инструменту или заготовке дополнительных движений для улучшения условий резания или качества обработки;

- рациональное разделение элементарных движений между инструментом и заготовкой для повышения производительности обработки и др.

В результате реализации этих принципов на базе универсальных станков создано оборудование для изготовления импортозамещающих изделий.

#### Л и т е р а т у р а

1. Конструирование и оснащение технологических комплексов / А. М. Русецкий [и др.] ; под общ. ред. А. М. Русецкого. – Минск : Беларус. навука, 2014. – 316 с.
2. Данилов, В. А. Научные основы технологии формообразования сложных поверхностей резанием : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.01 ; 05.02.08 / В. А. Данилов ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск : Технопринт, 2002. – 50 с.