

**Ключевые слова:**

модульная инструментальная наладка, резцовая вставка, узел соединения модулей, модуль для комбинированной обработки, модуль осевой регулировки

МОДУЛЬНЫЕ РАСТОЧНЫЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАЛАДКИ

Андрей МАСЛОВ, Егор СМОЛКИН, Евгений ТИВИРЕВ

Показаны примеры реализации принципов создания модульных инструментальных наладок для обработки отверстий в корпусных деталях.

По структурно-функциональному признаку все существующие системы модульных инструментальных наладок (МИН), в том числе и для обработки резанием, включают следующие типы модулей [1]:

- резцовые вставки, содержащие узлы крепления режущих пластин или резцов;
- узлы соединений модулей в сборках МИН;
- модули для комбинированной обработки;
- модули осевой регулировки, предназначенные для обеспечения требуемого вылета инструмента;
- переходники, с помощью которых осуществляется взаимосвязь модулей с различными типоразмерами узлов соединения.

Эффективность МИН возрастает при унификации используемых технических решений. Так, в частности, производители режущего инструмента могли бы изготавливать его с узлами закрепления, унифицированными с модулями МИН [2, 3]. Это позволило бы повысить интенсивность эксплуатации технологических систем за счет упрощения наладки оборудования и его обслуживания в автоматизированном режиме, а также снизить затраты на изготовление специальных модулей в условиях инструментальных цехов машиностроительных предприятий.

На рис. 1 приведен пример модульной расточной инструментальной наладки для обработки отверстий в диапазоне диаметров 8–120 мм на многоцелевом станке с ЧПУ.

Модульные расточные инструментальные наладки (МРИН) занимают значительное место в широком спектре применяемых и разрабатываемых конструкций технологической оснастки.

Подход к созданию инновационных конструкций МРИН определяется его особенностями по сравнению с традиционными видами расточного инстру-

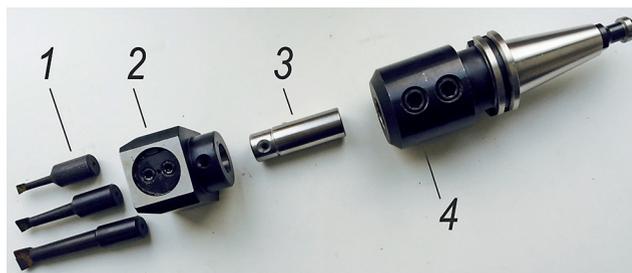


Рис. 1. Пример модульной расточной инструментальной наладки: 1 – сменные резцы; 2 – устройство регулирования; 3 – переходник; 4 – державка

мента. Среди этих особенностей нужно отметить [4, 5]:

- близость собственных частот сборок МРИН к собственным частотам элементов упругой системы станка;
- полиморфность структуры МРИН, представляющих собой последовательность нескольких механически соединенных модулей;
- разнообразие структурно-компоновочных решений сборок МРИН, создаваемых из набора модулей по типу универсальных сборно-разборных приспособлений;
- существенное разнообразие условий применения, что приводит к большим различиям характеристик нагружения МРИН силами резания;
- зависимость качества обработки отверстий от типа соединения модулей, качества изготовления узлов соединения модулей и условий их сборки;
- усложнение узлов соединения модулей при необходимости соответствовать различным эксплуатационным требованиям.

Указанные особенности значительно влияют на выбор конструкции МРИН и определяют необходимость их совершенствования как путем оптимизации сочетаний модулей в сборке, так и за счет улучшения конструктивных параметров отдельных модулей и узлов их взаимного соединения.

При формировании математической модели, описывающей МРИН с учетом высокой собственной жесткости модулей, целесообразно считать элементами модели математические объекты, описывающие соответствующие конструктивные элементы МРИН: модули и узлы их сопряжения.

Такое решение позволяет распространить результаты исследования минимальной структурно-функциональной единицы в виде совокупности двух модулей с узлом их взаимного соединения на любое структурно-компоновочное решение МРИН, использующее данную структурно-функциональную единицу.

По структурно-функциональному признаку существующие системы МРИН для обработки резанием включают ряд представленных ниже типов модулей.

РЕЗЦОВЫЕ ВСТАВКИ

В инновационной резцовой вставке [6] решается задача повышения точности микрометрического регулирования положения режущей кромки посредством повышения жесткости пары «резцовой стержень – резцовая втулка». На рис. 2 показана предлагаемая резцовая вставка.

В корпусе 1 соответствующего модуля МРИН резцовая вставка устанавливается в стакане 2,

закрепленном винтами 3. В стакане выполнено ступенчатое осевое отверстие, в котором установлена резцовая втулка 4 с нониусом, закрепляемая запорным кольцом 5 и имеющая фланец, размещенный в большей ступени отверстия стакана. Отверстие внутри резцовой втулки выполнено ступенчатым, причем меньшая ступень выполнена с резьбой, а большая – гладкой. Резцовой стержень 6 с режущей пластиной 7 ввинчивается в резьбовое отверстие втулки. На конце резьбового стержня размещена шпонка 8, взаимодействующая со шпоночным пазом в корпусе.

На резцовой втулке 4 выполнен поперечный паз 9 глубиной, равной половине диаметра втулки, расположенный в месте большей ступени ее внутреннего отверстия. Пружинящая шайба 10 и гайка 11 установлены на стержне 6 в поперечном пазу резцовой втулки, при этом на гайке выполнено обнижение, образующее диаметрально расположенные заплечики 12, предназначенные для взаимодействия с боковой стенкой 13 паза.

В процессе регулировки резцовую втулку 4 (рис. 3) вращают относительно стакана 2, который неподвижен относительно корпуса 1, поскольку фиксируется винтами 13. Запорное кольцо 5 удерживает втулку от перемещения вдоль оси стакана. При этом резцовой стержень 6, не имеющий возможности вращаться из-за шпонки 8, перемещается вдоль оси резцовой втулки.

Гайка 11 (рис. 4) одним из своих заплечиков 12 (в зависимости от направления вращения втулки 4) упирается в боковую стенку 13 паза 9 и начинает вращаться вместе со втулкой 4. Пружинящая шай-

Рис. 2. Резцовая вставка

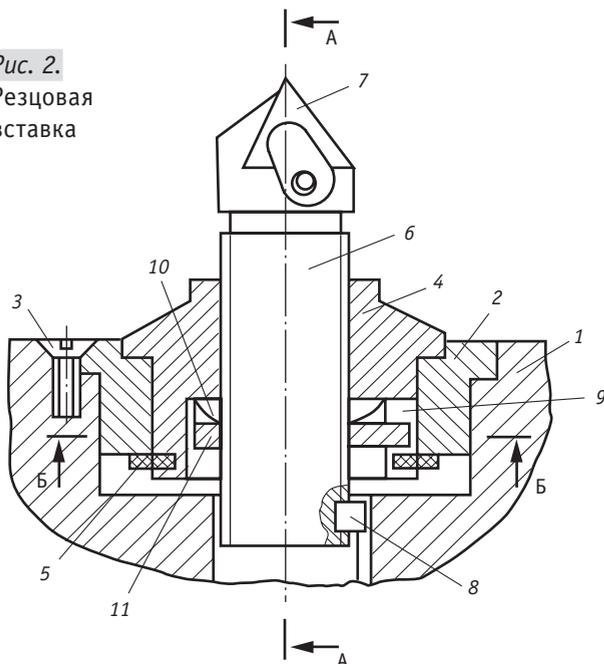
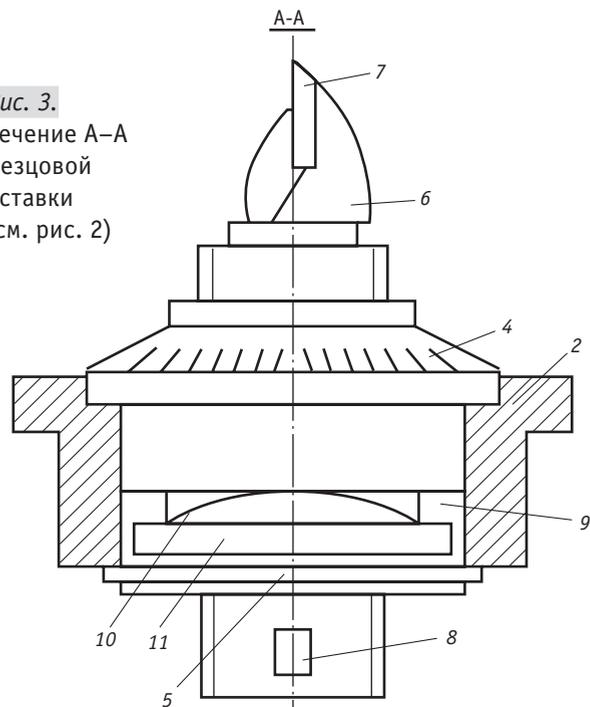


Рис. 3. Сечение А-А резцовой вставки (см. рис. 2)



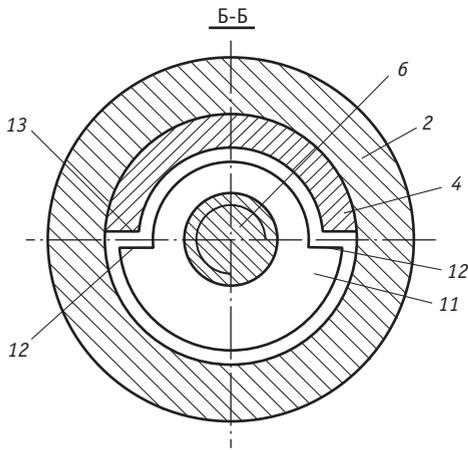


Рис. 4. Сечение Б–Б резцовой вставки (см. рис. 2)

ба 10, раздвигая в противоположные стороны резцовую втулку и гайку, выбирает осевой зазор в резьбовом соединении втулки и стержня 6 во всем диапазоне их относительного перемещения, что обеспечивает высокую точность микрометрического регулирования положения режущей кромки.

Другим примером инновационного решения по закреплению режущей пластины в резцовой головке МРИН является конструкция, служащая для повышения надежности [7].

Для этого в МРИН (рис. 5) в гнезде корпуса 1 резцовой головки установлена режущая пластина 2, закрепляемая винтом 3. Режущая пластина выполнена с продольной прорезью 4 со стороны, противоположной режущей кромке 6. Стороны 7 прорези расположены под углом α к оси винта, равным углу конической головки винта. Гнездо корпуса выполнено в виде ласточкиного хвоста, со сторонами которого взаимодействуют поверхности 5 режущей пластины.

При сборке режущей вставки в выполненное в виде «ласточкиного хвоста» гнездо корпуса 1 вставляется режущая пластина 2, затем в резьбовое отверстие корпуса по резьбе 9 завинчивается винт 3

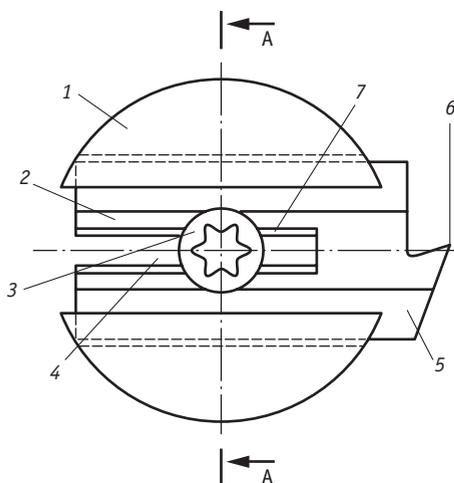


Рис. 5. Установка режущей пластины в резцовой головке

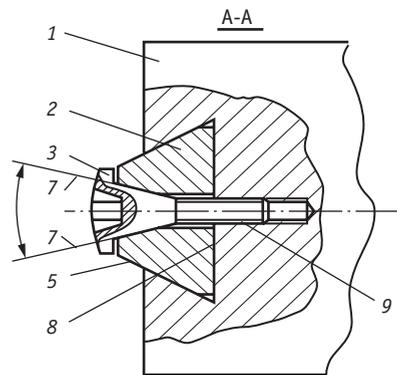


Рис. 6. Сечение А–А резцовой вставки (см. рис. 5)

до упора его конической головки в стороны 7 продольной прорези 4 до разжима режущей пластины и установки с натягом ее поверхностей 5 в гнезде корпуса.

За счет разжима режущей пластины и установки ее поверхностей без зазоров в гнезде корпуса решена задача повышения надежности крепления режущей пластины (рис. 6).

УЗЛЫ СОЕДИНЕНИЙ МОДУЛЕЙ

В конструкции устройства [8] узел соединения выполнен в виде резцовой вставки с цилиндрическим хвостовиком (рис. 7), соосно размещенной в цилиндрическом отверстии державки, и упорным буртиком, взаимодействующим с торцом «Т» державки, при этом резец размещен в резцовой вставке так, чтобы его ось была расположена радиально по отношению к цилиндрическому хвостовику вставки.

В державке выполнено цилиндрическое резьбовое отверстие 4, радиальное по отношению к цилиндрическому отверстию 5 и взаимодействующее с цилиндрическим резьбовым участком винта 3, но так, чтобы их оси в плоскости, перпендикулярной оси цилин-

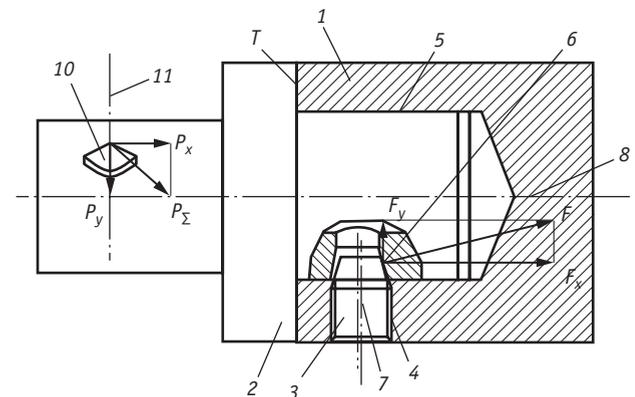


Рис. 7. Схема устройства для крепления резцовой вставки

дрического отверстия вставки, образовали с осью реза 10 угол α (показанный на рис. 9).

Для определения величины угла α для заданных условий обработки на схеме (рис. 7) показаны направления действия составляющих силы резания P_{Σ} , а именно: тангенциальной P_z , радиальной P_y и осевой P_x (см. рис. 7).

Из схемы следует, что угол α может быть определен по формуле:

$$\alpha = \text{artg} \frac{P_y}{P_z} \quad (1)$$

При резании эти составляющие рассчитывают по формуле:

$$P_{z,y,x} = 10C_p t^x s^y v^n K_p \quad (2)$$

Расчеты, выполненные на основе данных справочников по режимам резания материалов, показали, что в предлагаемом устройстве для крепления резцовой вставки угол α следует принять в интервале $20^\circ < \alpha < 45^\circ$.

Указанное устройство для соединения модулей (рис. 8) содержит резцовую вставку 2, установленную в отверстии 5 державки 1, который при вращении винта 3 по резьбе 4 до контакта конических поверхностей 6 перемещается вдоль оси 7 за счет возникновения силы F из-за имеющегося эксцентриситета «е» до контакта вставки 2 и державки 1 по торцам «Т».

В державке 1 резьбовое отверстие выполнено под таким углом α (рис. 9) относительно плоскости вершины реза и плоскости 11, что составляющая F_y стягивающей силы F (см. рис. 8) направлена строго против равнодействующей силы резания P_y , возникающей при растачивании, а коническое отверстие 6 выполняется под углом α относительно оси реза 10.

Для соединения модулей резцовая вставка 2 вставляется в отверстие 5 державки 1 таким образом, чтобы на резцовой вставке и на державке совпа-

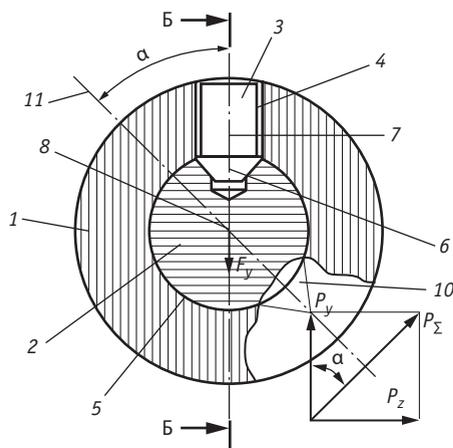


Рис. 8. Схема взаимного положения оси винта и хвостовика резцовой вставки

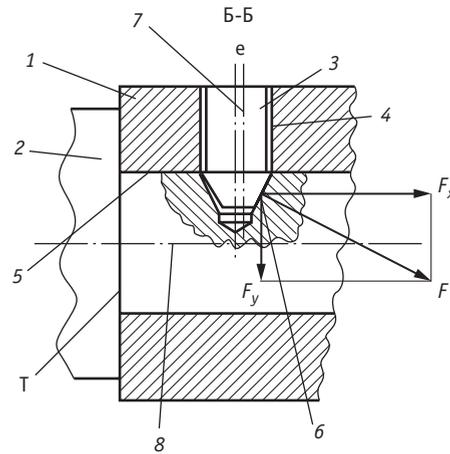


Рис. 9. Поперечное сечение узла соединения по рис. 8 и схема сил резания, действующие на резец 10

ли оси конических отверстий 6. После этого заворачивают винт 7 определенным крутящим моментом, обеспечивающим натяг по торцам «Т» резцовой вставки и державки за счет действия силы F_x . Одновременно происходит натяг в цилиндрическом соединении 5 хвостовика резцовой вставки и державки силой F_y , действующей в направлении, противоположном составляющей силы резания P_y (см. рис. 9) в плоскости вершины реза 10 под углом α к этой плоскости.

За счет совпадения направления стягивающей силы F_y с направлением действия силы P_y уменьшается упругое контактное перемещение концевого резцового модуля в отверстии державки, что позволяет увеличить жесткость устройства в 1,5–2 раза.

Конструкция узла соединения модулей [9] позволяет упростить процедуры сборки и разборки МРИН. Разработанная конструкция (рис. 10) включает набор модулей 1 (два и более), формирующих необходимую длину инструмента и сопряженных друг с другом в радиальном направлении посредством цилиндрических отверстий 2 и входящих в них цилиндрических хвостовиков 3, закрепленных винтами 16, а в торцевом направлении – посредством торцевых поверхностей 4 и 5, которые ограничивают осевое перемещение.

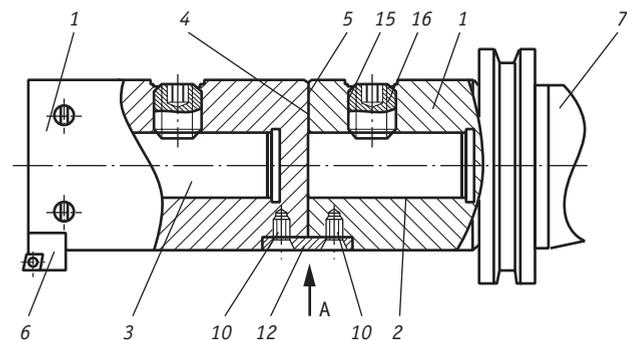


Рис. 10. Сборка МРИН с двумя и более узлами соединения модулей

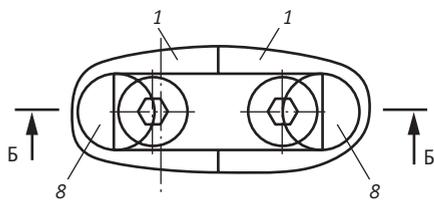


Рис. 11. Вид А на рис. 10

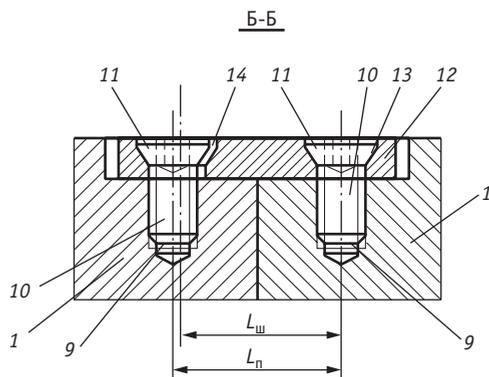


Рис. 12. Сечение Б-Б на рис. 11

Средство осевого натяга выполнено в виде общего для каждой пары соединяемых модулей осевого шпоночного паза 8 с двумя дополнительными радиальными резьбовыми отверстиями 9 и винтами 10 с коническими головками (рис. 11 и 12). При этом $L_{п} > L_{ш}$, где $L_{п}$ – межцентровое расстояние резьбовых отверстий шпоночного паза, $L_{ш}$ – межцентровое расстояние отверстий шпонки (см. рис. 12).

Крайний слева модуль 1 оснащен резцом 6, а крайний справа модуль 1 имеет хвостовик 7 для закрепления в шпинделе станка. Для создания торцевого натяга между модулями МРИН снабжена шпоночным пазом 8, общим для каждых двух сопряженных модулей (см. рис. 11).

В каждой части шпоночного паза (на каждом из сопряженных модулей) выполнено резьбовое отверстие 9 под винт 10 с конической головкой 11 (см. рис. 12). Винты фиксируют в шпоночном пазу шпонку 12 с отверстиями 13 под винты с коническими участками 14 под конические головки 11 винтов 10. При этом межцентровое расстояние $L_{п}$ отверстий шпоночного паза больше межцентрового расстояния $L_{ш}$ отверстий шпонки и рассчитывается индивидуально из условия создания требуемого натяга.

Кроме того, в модулях 1 имеются радиальные резьбовые отверстия 15 с винтами 16 (см. рис. 10), взаимодействующими с цилиндрическими хвостовиками 3 сопряженных модулей, создавая тем самым радиальный натяг в соединениях модулей.

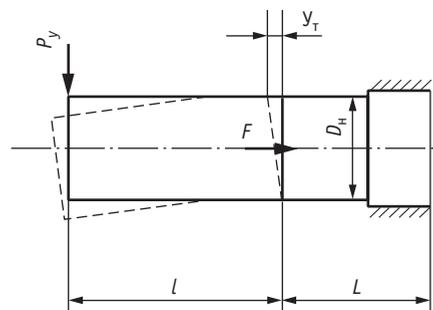


Рис. 13. Схема образования перемещения в торцовом соединении модулей

Условием нераскрытия стыка модулей в конструкции на рис. 10 является отсутствие перемещения в торцовом соединении модулей при нагружении силой P_y (рис. 13):

$$y_T = 0. \quad (3)$$

Из рис. 13 следует, что условие (3) соблюдается при равенстве моментов силы P_y и силы F , стягивающей модуль вдоль оси вращения МРИН:

$$P_y \cdot L = F \cdot D, \quad (4)$$

где P_y – нагружающая сила; L – длина модуля; F – сила, стягивающая модуль закрепления на стыке; D_n – наружный диаметр модуля; y_T – торцевой зазор.

Расчетами по методике [2] определено, что для МРИН, предназначенной для растачивания отверстий диаметром 40–180 мм, требуемая сила F стягивания торцов модулей МРИН составляет 1,1–1,2 кН.

Установлены параметры механизма, показанного на рис. 14, необходимые для создания торцевого натяга в соединении модулей с целью соблюдения условия (4). Для практических целей может быть принят диаметр резьбы винта $d_1 = M6$, а угол $\alpha = 49^\circ$.

Одним из недостатков конструкции МРИН с узлом соединения модулей (см. схему на рис. 7) является то, что углубление под коническую головку винта выполняется непосредственно в хвостовике модуля, а это требует выполнения очень точной операции пригонки осевых и радиальных размеров.

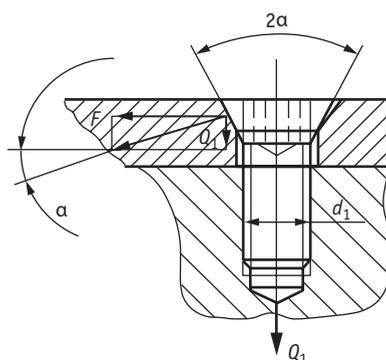


Рис. 14. Механизм создания торцевого натяга

ЭЛЕКТРОНИКА НАУКА ТЕХНОЛОГИИ И БУДУЩЕЕ

НАНОИНДУСТРИЯ НАУКА ТЕХНОЛОГИИ И БУДУЩЕЕ

ФОТОНИКА НАУКА ТЕХНОЛОГИИ И БУДУЩЕЕ

ПЕРВАЯ МИЛЯ LAST MILE

Аналитика НАУКА ТЕХНОЛОГИИ И БУДУЩЕЕ

СТАНКОИНСТРУМЕНТ НАУКА | ПРОЕКТИРОВАНИЕ | ПРОИЗВОДСТВО

ИНФОПРОСТРАНСТВО
ФЕССИОНАЛОВ



ТЕХНОСФЕРА

Мы на  YouTube



Подписывайтесь

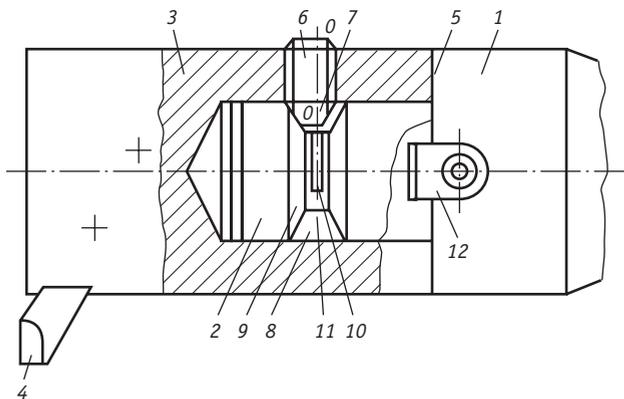


Рис. 15. Узел соединения модулей с углублением в виде кольцевой канавки

В разработанной конструкции узла соединения модулей [10] углубление выполнено в виде кольцевой канавки трапециевидального сечения с поперечной прорезью в цилиндрическом дне. На рис. 15 изображен такой вариант узла соединения модулей.

Державка 1 сборки МРИН имеет цилиндрический хвостовик 2, который охватывает вставка 3 с резцом 4. Резцовая вставка 3 прижимается к торцу 5 державки при помощи радиально установленного в ней винта 6 с конической головкой 7, которая входит в кольцевую канавку 8 хвостовика 2. Канавка имеет трапециевидальное сечение, соответственно с коническими поверхностями 9 и поперечной прорезью 10 в цилиндрическом дне 11.

Крутящий момент от державки 1 к вставке 3 передается торцовыми шпонками 12. Канавка 8 расположена со смещением относительно оси «00» отверстия под винт 6. При перемещении винта 6 хвостовик 2 корпуса 1 за счет прорези отгибается, в результате чего обеспечивается натяг в соединении хвостовика 2 с отверстием вставки 3 с одновременной фиксацией вставки 3 в осевом направлении.

МОДУЛИ ДЛЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

В разработанном модуле [11] реализуется комбинированная обработка различных типов внутренних поверхностей за счет того, что сменная резцовая пластина снабжена двумя oppositely расположенными режущими частями, предназначенными для обработки поверхностей двух типов, а именно для растачивания гладкого отверстия и для обработки внутренней канавки, что позволяет сократить затраты времени на замену сменных режущих пластин в процессе изготовления одной детали.

Конструкция предложенного модуля поясняет рис. 16, на котором изображена резцовая головка МРИН.

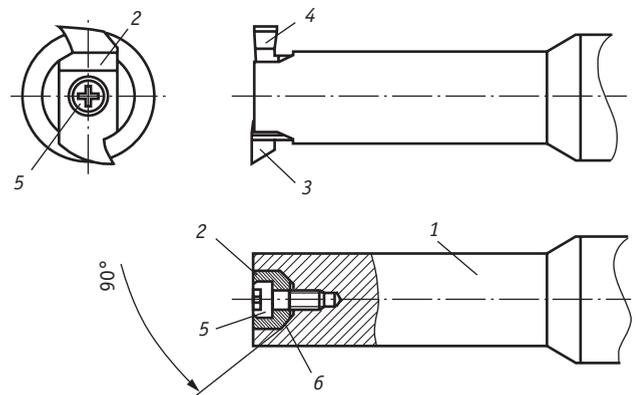


Рис. 16. Модуль для комбинированной обработки различных типов внутренних поверхностей

Для достижения поставленной цели в державку 1 устанавливается сменная резцовая пластина 2 с двумя oppositely расположенными режущими частями 3 и 4, после чего пластина закрепляется винтом 5.

После закручивания винта пластина прижимается скосами к опорным плоскостям 6 державки, расположенными симметрично относительно оси державки и с углом 90° между собой, что обеспечивает точную ориентацию режущих частей и пластины относительно державки и высокую жесткость закрепления пластины.

На рис. 17 показана режущая пластина, с двумя профильными участками для растачивания гладкого цилиндрического отверстия и для проточки внутренней канавки. Пластина 2 имеет две oppositely расположенные режущие части 3 и 4 и отверстие 9 в пластине 2 для закрепления винтом 5 по опорным плоскостям в державке скосами 8.

На рис. 18 показан пример растачивания гладкого цилиндрического отверстия и внутренней канавки на многоцелевом токарном станке.

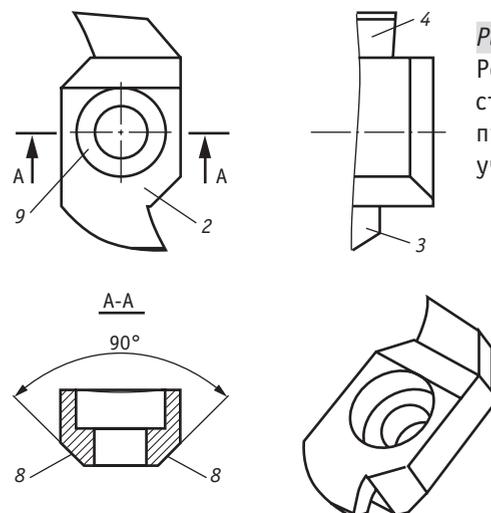


Рис. 17. Режущая пластина, с двумя профильными участками

VII Международная конференция

АРКТИКА-2022

Арктика: устойчивое развитие

2–3 марта 2022, Москва

Стань участником

Специализированная выставка | Спонсорство

Тел. +7 (495) 662-97-49 (многоканальный)

Электронная почта: arctic@s-kon.ru
www.arctic.s-kon.ru

Официальная поддержка:



Организаторы:



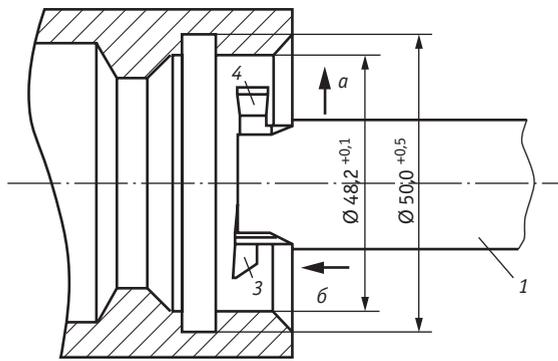


Рис. 18. Растачивание на многоцелевом токарном станке модулем для комбинированной обработки: *a* – внутренней канавки; *b* – гладкого цилиндрического отверстия

МОДУЛИ ОСЕВОЙ РЕГУЛИРОВКИ

В разработанном устройстве для осевой регулировки МРИН [12] на многоцелевых токарных станках для расширения их технологических возможностей (рис. 19) результат достигается тем, что в отверстие державки 2 устанавливается хвостовик расточного резца 1.

Регулировка вылета резца до заданной величины *L* от торца револьверной головки многоцелевого станка осуществляется регулировочным резьбовым соединением 3 с приводом за счет вращения ведущего колеса 4 косозубой зубчатой передачи, зафиксированного в направлении своей оси, перпендикулярной оси расточного резца 1, и взаимодействующего с ведомым колесом 5.

При этом ведомое колесо 5 вращается, взаимодействуя с хвостовиком расточного резца 1, а наружная резьба 6 ведомого колеса вывертывается из резьбы 7 резьбового отверстия державки 2, перемещает расточной резец 1 вдоль его оси и выдвигает его до заданной величины *L*. Расточной резец закрепляют в отрегулированном положении в отверстии

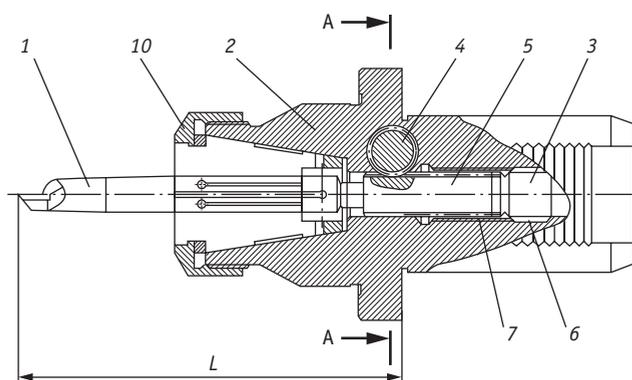


Рис. 19. Устройство для осуществления осевой регулировки вылета расточного резца

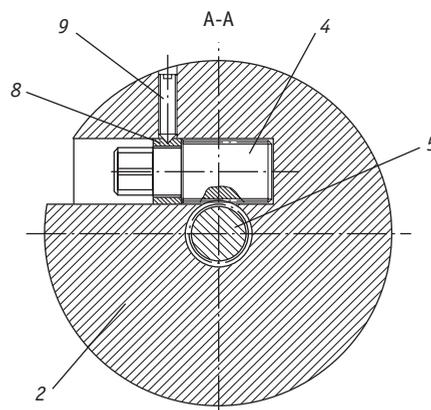


Рис. 20. Сечение А-А устройства регулировки вылета расточного резца

державки, для этого вращают гайку 10 по наружной резьбе державки.

Сечение А-А устройства регулировки вылета расточного резца относительно торца револьверной головки многоцелевого токарного станка показано рис. 20, где осевое положение ведущего колеса 4 фиксируют втулкой 8, которую закрепляют в державке 2 винтом 9.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслов А.Р. Модульные инструментальные наладки // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. 2021. № 2 (023). С. 86–92.
2. Маслов А.Р. Инструментальные системы машиностроительных производств: учебник для вузов // М.: Машиностроение, 2006. 335 с.
3. Худяков М.П. Повышение эффективности агрегатно-модульных расточных инструментов методами математического моделирования: Дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук М.: МГТУ «СТАНКИН», 1998. 213 с.
4. Тивирев Е.Г. Исследование инструментальных систем для концевое фрезерования на многоцелевых станках с ЧПУ // Сб. статей XIII Всероссийской конференции молодых ученых и специалистов «Будущее машиностроения России». М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. С. 22–25.
5. Смолкин Е.М. Моделирование суппортных наладок для обработки малоразмерных деталей на токарных автоматах с ЧПУ // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2017. № 1 (40). С. 57–59.
6. Наумов И.В., Маслов А.Р., Бумага Г.С. Авт. св-во № SU 1604509. МПК: В23В 29/034. Режущая вставка для расточного инструмента; заявитель и патентообладатель Всесоюзный НИИинструмент – № 4632648/25-08; заявл. 05.01.1989; опубл. 07.11.1990; Бюл. № 41, 1990. 3 с.
7. Маслов А.Р., Смолкин Е.М. Пат. 200519 Российская Федерация, МПК В23В 29/03. Сборный режущий инструмент; заявитель и патентообладатель

- Смолкин Е.М. — № 2020116405; заявл. 30.04.2020; опубл. 27.10.2020. Бюл. № 30. 1 с.
8. **Маслов А.Р., Тивирев Е.Г.** Пат. 197265 Российская Федерация, МПК В23В 29/03. Устройство для крепления концевой режущего модуля; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана — № 2020103370; заявл. 27.01.2020; опубл. 16.04.2020. Бюл. № 11. 1 с.
 9. **Маслов А.Р., Алдангуров Р.** Пат. 163809 Российская Федерация, МПК В23В 29/03. Расточной инструмент; заявитель и патентообладатель МГТУ «СТАНКИН» — № 2016105789/02; заявл. 19.02.2016; опубл. 10.08.2016. Бюл. № 22. 2 с.
 10. **Балков В.П., Маслов А.Р., Фадюшин И.Л. и др.** Авт. св-во № SU 701740. МПК: В 23 В29/02. Расточная оправка; заявитель и патентообладатель "ВНИИИНСТРУМЕНТ"; заявл 30.12.1977: № 2561567/25-08; опубл. 05.12.79. Бюл. № 45. 3 с.
 11. **Маслов А.Р., Смолкин Е.М.** Пат. 2734988 Российская Федерация, МПК В23В 35/00. Сборный режущий инструмент; заявитель и патентообладатель Смолкин Е.М. — № 2020116402; заявл. 30.04.2020; опубл. 28.10.2020. Бюл. № 31. 1 с.
 12. **Маслов А.Р., Орлов Н.А.** Пат. 2724234 Российская Федерация, МПК В23В 35/00. Способ регулирования вылета расточного инструмента; заявитель и патентообладатель МГТУ «СТАНКИН» — № 2019123667; заявл. 26.07.2019; опубл. 22.06.2020. Бюл. № 18. 1 с.

МАСЛОВ Андрей Руффович —
доктор технических наук, профессор кафедры
«Инструментальная техника и технологии»
ФБГОУ ВО «МГТУ имени Н.Э. Баумана»

СМОЛКИН Егор Михайлович —
заместитель главного технолога опытного произ-
водства АО «Всероссийский научно-исследователь-
ский институт радиотехники» (АО «ВНИИРТ»)

ТИВИРЕВ Евгений Геннадьевич —
кандидат технических наук, преподаватель
кафедры «Инструментальная техника
и технологии» ФБГОУ ВО «МГТУ
имени Н.Э. Баумана»

Одновременно
с СИБИРСКИМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМ ФОРУМОМ
и выставкой «НЕФТЬ. ГАЗ. ХИМИЯ»

XV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

24-26 НОЯБРЯ **2021**
КРАСНОЯРСК

Оборудование мировых брендов в действии!



- ◆ Машиностроение. Станкостроение
- ◆ Дефектоскопия
- ◆ Металлургия. металлообработка
- ◆ Литье. Сварка
- ◆ Инструменты. Метизы
- ◆ Охрана труда на предприятии

Межрегиональный конкурс «Сварщик года - 2021»

МВДЦ «Сибирь»

г. Красноярск,
ул. Авиаторов, 19

тел.: (391) 200-44-27
www.krasfair.ru



Реклама 0+