

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОГО ТОКАРНОГО АВТОМАТА**

© 2021 Н.Б. Кротинов

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 10.06.2021

В данной статье рассматривается последовательность проектирования специального инструмента для обработки валов. Предложена оригинальная конструкция инструментальной головки, позволяющая осуществлять одновременную торцовку, проточку, обработку фаски валов с двух сторон при осевой подаче с возможностью настройки на разный диаметр и глубину. Проведенные расчёты и эксплуатационные испытания инструментальной головки показали её функциональную пригодность и надёжность. Относительно низкая себестоимость изготовления инструмента, универсальность, быстрая настройка и переналадка обеспечивают высокую экономическую эффективность обработки.

Ключевые слова: специальный формообразующий инструмент, инструментальная головка, проектирование, САЕ-анализ.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-35-39

В условиях конкурентной борьбы, с целью сохранения своих позиций на рынке и дальнейшего развития, для обрабатывающих предприятий необходимым условием является повышение производительности труда.

Руководством одной из фирм, занимающихся производством оснастки для ремонта автомобилей, с целью увеличения производительности механической обработки и сборки, было принято решение о вложении в НИОКР. С этим предложением оно обратилось к кафедре «Технология машиностроения, станки и инструменты» Самарского государственного технического университета. Одно из технических заданий предполагало одновременную торцовку и проточку с двух сторон осей механизма стяжки груза (см. рис. 1) с производительностью не менее 6 шт/мин. Кроме того, необходимо было предус-

мотреть возможность переналадки оборудования на оси большего диаметра с одновременной торцовкой и формированием фаски. На вопрос кафедры, не лучше ли было приобрести для этих целей готовое оборудование (например, токарно-подрезной автомат), фирма сослалась на дороговизну последнего.

Перед автором статьи была поставлена цель – спроектировать инструментальную оснастку для специального токарного автомата модели 298, создаваемого кафедрой.

Сложность заключалась в заданной кинематике станка: имелась возможность использования только осевой подачи и вращения инструмента, причём с частотой, не превышающей 500 мин⁻¹. Заготовка при этом зажималась в призме.

Очень привлекательной была идея для выполнения поставленной задачи приспособить стандартный инструмент. Для этого предполагалось использование расточной регулируемой головки 3 (см. рис. 2), в которой крепился бы расточной резец 5 и концевая фреза 4 для проточки наружной поверхности и обработки торца детали 1.

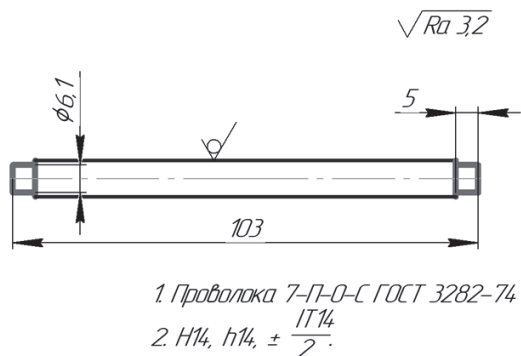


Рис. 1. Деталь-представитель для проектирования формообразующего инструмента

Кротинов Николай Борисович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты». E-mail: ruslogos@gmail.com

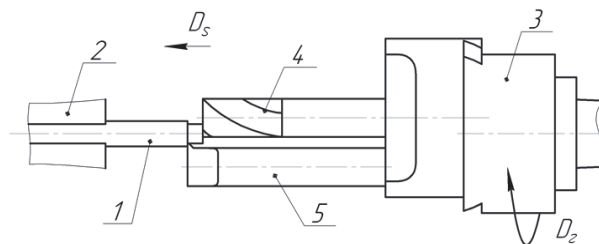


Рис. 2. Первый вариант схемы обработки:
1 – обрабатываемая деталь; 2 – призма-прихват;
3 – расточная головка; 4 – концевая фреза;
5 – расточной резец

Однако эта схема является неработоспособной, поскольку фреза, в этом случае, снимает основной припуск вспомогательными кромками, не приспособленными для этого. Кроме того, поскольку фреза здесь вращается вокруг оси расточной головки, а не вокруг своей собственной, часть режущей кромки будет «затирать», а не резать.

Вообще от использования фрез решено было отказаться в принципе, вследствие их дороговизны, сложности компоновки с токарным инструментом и отсутствии культуры заточки на предприятии-заказчике. В силу указанных причин, решено было применить исключительно стандартные токарные резцы со сменными многогранными пластинами и спроектировать специальный корпус для их закрепления. Остался только вопрос об их компоновке.

Рассматривался вариант осевой компоновки резцов 1 в корпусе 2 с зажимом винтом 3.

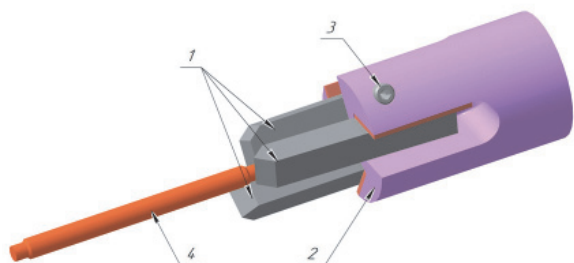


Рис. 3. Схема осевой компоновки резцов: 1 – резцы; 2 – корпус; 3 – винт; 4 – деталь

Преимуществом данной схемы является использование стандартных резцов без их доработки. Однако следующие недостатки заставили отказаться и от этого варианта: слишком большие габариты в осевом направлении; сложность настройки инструмента на размер; малораспространённость используемых в конструкции подрезных резцов.

В итоге был принят вариант более компактной радиальной компоновки резцов. Конструкция спроектированной инструментальной головки представлена на рис. 4.

Здесь резцы 1 и 2 зажимаются в корпусе 3 винтами 7. Инструмент устанавливается на станке посредством оправки 4. Для регулирования резцов в радиальном направлении служат винты 6 со стопорными гайками, а в осевом – подкладные пластины 5. Резцы 1 служат для обработки торцов, а 2 – для точения наружных поверхностей. В работе используются две инструментальные головки, позволяющие обрабатывать деталь (рис.1) одновременно с двух сторон.

В конструкции головки для торцовки и точения используются доработанные упорные резцы *STGCR 1616 H11* ГОСТ 19042-80 (*ISO 1832:2004*), а для обработки фаски – резцы *SSKCR 1616 H09*. Доработка заключается в укорачивании державки и прорезки паза.

Пластины для упорного резца *TGMT110204*, а для фасочного – *SCGT09T304*. Материал пластин – аналог твёрдого сплава *ВК8*.

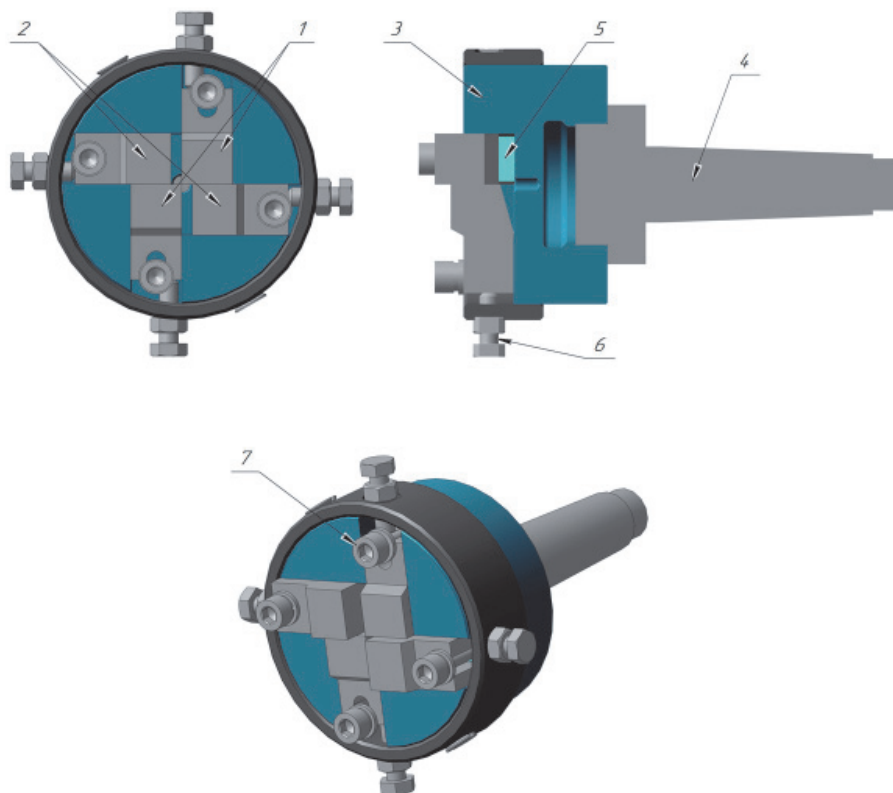


Рис. 4. Конструкция спроектированной инструментальной головки: 1 – резцы для обработки торцов; 2 – резцы для точения наружных поверхностей; 3 – корпус; 4 – оправка; 5 – пластины подкладные; 6 – винты настроечные; 7 – винты крепёжные

Резцы со сменными многогранными пластинами (СМП) обладают следующими преимуществами [1, 2, 3]: позволяют осуществлять быструю замену и исключают довольно трудоёмкую операцию заточки; обладают большей надёжностью по сравнению с напайными пластинами за счёт исключения остаточных напряжений, формируемых при пайке; позволяют сохранять износостойкие покрытия и державку. Однако обладают относительно высокой стоимостью. Поэтому при необходимости возможна их замена на составной инструмент: резец упорный отогнутый 2103-1105 Т15К6 ГОСТ 18879-73 и резец проходной отогнутый 2102-1106 Т15К6 ГОСТ 18877-73.

Используемая оправка F1-MS3A для крепления инструментальной головки на станке, имеет хвостовик с конусом Морзе №3, размер которого, исходя из выполненных расчётов, достаточен для передачи крутящего момента, необходимого для преодоления сил резания. Преимущество хвостовиков подобного типа заключается в том, что они являются самотормозящими, то есть не требующими дополнительного поджима к конусу шпинделя станка.

Для настройки обрабатываемого диаметра заготовки резцы 2 (рис.4) смещаются в радиальном положении. Для их точной настройки на необходимый размер был спроектирован шаблон (см. рис. 5), который диаметром 4 вставляется в осевое отверстие корпуса. Резцы смещаются до касания своими вершинами поверхностей диаметрами 6,1 или 7, в зависимости от необходимого диаметра обработки и фиксируются в этом положении. Для настройки обработки фаски используется другой шаблон схожей конструкции.

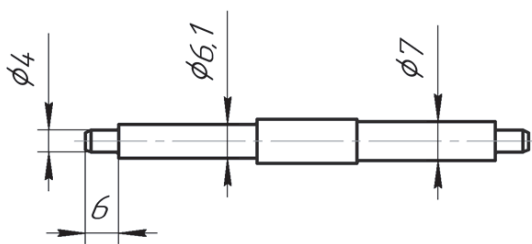


Рис. 5. Шаблон для настройки диаметра обработки

После создания конструкции необходимо было выполнить следующие расчёты. Первое – определить режимы, силы и мощность резания, а также машинное время обработки. Для этого использовалась хорошо зарекомендовавшая себя методика [4]. Так как диаметр обработки (максимум, 12,5 мм) и частота вращения шпинделя очень невелики, то и скорость резания составила не более $V=20$ м/мин. Чтобы добиться требуемой производительности, необходимо было назначить максимальную, исходя из ус-

ловия прочности, осевую подачу $S=0,25$ мм/об. В результате расчётов максимальные значения сил резания из всех возможных вариантов обработки составили: главная составляющая $P_z=4713$ Н; осевая составляющая $P_x=7437$ Н; радиальная составляющая $P_y=260$ Н. Следует учитывать, что эти силы распределяются на пару резцов (примерно, поровну). Эффективная мощность привода главного движения требуется $N_{эф} \geq 1,6$ кВт, а привода подачи $N_{эф} \geq 0,02$ кВт, что было учтено при конструировании станка. Машинное время обработки составило $T_{маш}=0,13$ мин, что при вспомогательном времени не более $T_B=0,03$ мин обеспечивает требуемую заказчиком производительность $T_{ц}=0,16$ мин.

Второе – надо было определить, можно ли снимать настроечные винты 6 (рис. 4) перед обработкой или их необходимо оставлять в качестве упора. Для этого была определена сила трения, создаваемая винтами 7 в месте контакта резца с корпусом. Она зависит от максимального усилия прижима винтом, определённого, исходя из предела прочности на разрыв материала винта и коэффициента трения (сталь-сталь). Сила трения составила $P_{тр}=434$ Н, что больше радиальной составляющей силы резания $P_y=129$ Н, выталкивающей каждый резец. Следовательно, настроечные винты 6 нет необходимости использовать в качестве постоянного упора в процессе обработки и после настройки можно снимать.

Третье – был проведен конечно-элементный анализ инструментальной головки в CAE-модуле, интегрированном в КОМПАС-3D, APM FEM (см. рис. 6).

Прочностной расчёт показал, что максимальные напряжения концентрируются на резцах, производящих торцовку оси диаметром 12,5 мм. Они имеют, в основном, изгибающий характер. Их величина составляет 226 МПа, что при допустимых напряжениях на изгиб для стали 45 (нормализация) $[\sigma_{из}]=240$ МПа является приемлемым. При использовании закалённых державок резцов, можно увеличить подачу до 0,35 мм/об. Эффективная мощность привода главного движения при этом потребует $N_{эф} \geq 2,0$ кВт, а время обработки снизится до $T_{маш}=0,1$ мин.

После проведения необходимых расчётов были разработаны рабочие чертежи деталей и изготовлены опытные образцы. При изготовлении важно было обеспечить минимальное радиальное и осевое биение режущих кромок резцов. Для этого корпус при окончательной торцовке и обтачивании наружного диаметра базировался посредством оправки 4 (рис. 4) в шпинделе станка через переходную втулку (с третьего на пятый номер конуса Морзе), что позволило совместить конструкторскую и технологическую базу и снизить биение.

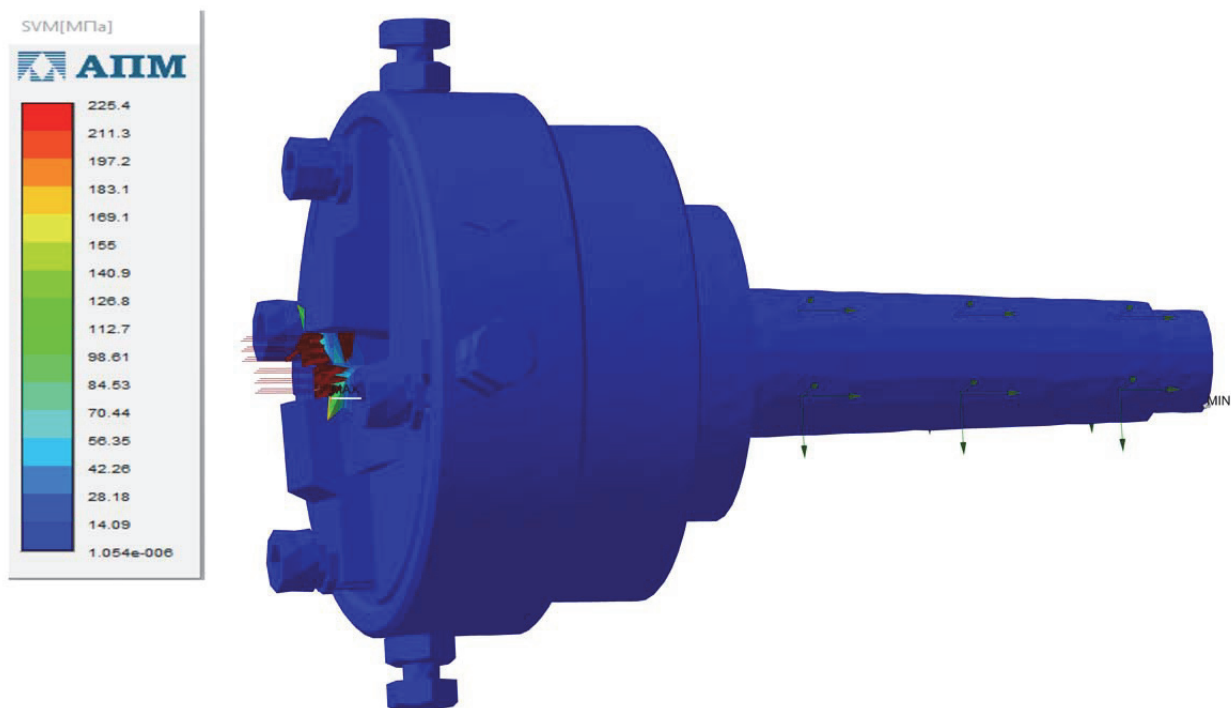


Рис. 6. Прочностной CAE-анализ инструментальной головки

Затем были проведены лабораторные испытания, показавшие полную функциональную пригодность и надёжность спроектированного инструмента и оборудования. Окончательно был оформлен полный комплект конструкторской и технологической документации, включающий в себя сборочные чертежи, деталировку, операционный технологический процесс, инструкции по эксплуатации и прочее. Весь пакет документации с опытными образцами был передан заказчику. Персонал фирмы прошёл обучение сотрудниками кафедры. В процессе эксплуатации оборудования осуществлялся авторский надзор.

ВЫВОДЫ

1. Выбранная компоновка инструментальной головки с радиально расположенными резцами обеспечивает компактность конструкции.

2. Созданный шаблон позволяет осуществлять настройку инструмента на заданный диаметр обработки.

3. Проведённые расчёты показали следующее: мощность привода главного движения станка должна быть не менее $N_{эф} \geq 1,6$ кВт; машинное время обработки составляет $T_{маш} = 0,13$ мин, что при вспомогательном времени не более $T_{в} = 0,03$ мин обеспечивает заданную производительность; максимальная величина действующих на инструмент нагрузок составляет $\sigma_{из} = 226$ МПа, что является допустимым для твёрдого сплава и углеродистой стали, из которой, в основном, изготовлен инструмент.

4. Проведённые испытания показали работоспособность, полную функциональную пригодность и надёжность инструментальной головки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. Режущий инструмент: учебник для вузов / под. общ. ред. С.В. Кирсанова. - 4 е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2014. - 520 с.
2. Солоненко, В. Г. Резание металлов и режущие инструменты: учебное пособие: для высших учебных заведений по направлениям подготовки бакалавров и магистров 15.03.05, 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» / В. Г. Солоненко, А. А. Рыжкин. - Москва : ИНФРА-М, 2016. - 414 с.
3. Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г., Седов Б.Е. Режущие инструменты: учеб. пособие / В. А. Гречишников [и др.]. - Старый Оскол: 2015.- 384 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 496 с.

TOOL HEAD DESIGN FOR A SPECIAL TURNING MACHINE

© 2021 N.B. Krotinov

Samara State Technical University

This article discusses the design sequence of a special tool for processing shafts. An original design of the tool head is proposed, which allows simultaneous cutting, grooving, and chamfering of the shafts on both sides with axial feed with the possibility of adjustment to different diameters and depths. The calculations and operational tests of the tool head showed its functional suitability and reliability. The relatively low cost of manufacturing the tool, versatility, fast setup and changeover ensure high economic efficiency of processing.

Key words: special shaping tool, tool head, design, CAE analysis.

DOI: 10.37313/1990-5378-2021-23-3-35-39