

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»

Маслов А.Р., Тивирев Е.Г.

# Инструментальные системы машиностроительного производства

Учебное пособие

Москва

ИЗДАТЕЛЬСТВО

МГТУ им. Н.Э. Баумана

2021

УДК 621.9....

ББК....

М83

Издание доступно в электронном виде на портале *ebooks.bmstu.ru* по адресу: [http://ebooks.bmstu.press/catalog/.....](http://ebooks.bmstu.press/catalog/)

Факультет «Машиностроительные технологии»  
Кафедра «Инструментальная техника и технологии»

*Рекомендовано Редакционно-издательским советом  
МГТУ им. Н.Э. Баумана в качестве учебного пособия*

**Маслов А.Р.**

**М83** Инструментальные системы машиностроительного производства: учебное пособие / А.Р. Маслов, Е.Г. Тивирев. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021 –130 с.

ISBN 978-5-7038-.....-...

Представлены основные элементы инструментальных систем современного машиностроительного производства с использованием многоцелевых станков с ЧПУ для обработки резанием заготовок из основных применяемых конструкционных материалов.

Приведены методики определения составов комплектов режущего и вспомогательного инструмента и выбора инструментальных материалов, обеспечивающих повышение эффективности механообработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ и ГПС на их базе.

Для будущих магистров техники и технологий, обучающихся по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование». Может быть полезно технологам и иным инженерно-техническим работникам машиностроительных предприятий.

УДК 621.9....  
ББК....

*Учебное издание*

**Маслов Андрей Руффович, Тивирев Евгений Геннадьевич**

**Инструментальные системы машиностроительного производства**

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие посвящено основным элементам инструментальных систем современного машиностроительного производства на базе многоцелевых станков с ЧПУ и режимам обработки основных современных конструкционных материалов.

Приведены примеры решения задач по выбору комплектов инструмента и инструментальных материалов для повышения эффективности механообработки деталей на многоцелевом станке.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» (будущих магистров техники и технологий), направлено на помощь в решении сложной и важной задачи разработки инструментальных систем для технологических операций обработки резанием.

С этой целью в пособии отражено следующее:

- сведения о современных инструментальных материалах;
- приведены характеристики многоцелевых станков;
- сведения об основных структурных составляющих гибких производственных систем;
- приведены методики расчета требуемого количества режущего и вспомогательного инструмента;
- сведения о критериях выбора элементов инструментальной системы.

Решение перечисленных задач позволяет достичь цели изучения дисциплины «Инструментальные системы машиностроительного производства».

**Цель издания** – подготовка будущих магистров техники и технологий к решению задач создания инструментальных систем современного машиностроительного производства, обеспечивающих рост эффективности обработки резанием с учетом особенностей технологических процессов, применяемых инструментов и оборудования и экологических требований и требований охраны труда.

## ВВЕДЕНИЕ

В современном машиностроении, в частности, в авиационно-космической, автомобильной и оборонной отраслях существенное место занимают процессы резания сложнейших поверхностей высокотехнологичных деталей газотурбинных двигателей (ГТД), несущие конструкции монопланов, гребные винты, пресс-формы, штампы и др. Большинство этих деталей изготавливаются из труднообрабатываемых материалов, обрабатываемость которых в разы хуже, чем у обычных конструкционных материалов [1].

Современные изделия должны соответствовать высоким требованиям по надежности, минимальной массе, экономичности и ресурсу. Эти задачи успешно решаются путем совершенствования конструкции с целью улучшения эксплуатационных характеристик и благодаря использованию новых прогрессивных инструментальных систем для реализации технологий изготовления деталей и узлов [2].

Современный инженер-технолог, разрабатывающий технологические процессы, должен обладать знаниями технологических возможностей, технических характеристик и особенностей реализации новых процессов обработки, входящих в технологический маршрут изготовления деталей и узлов новейших машин, начиная с заготовительных операций и заканчивая финишными и контрольными.

На острие проблем создания новых технологий находится современный режущий инструмент XXI века. Для обеспечения эффективной обработки создаются инструментальные системы, спроектированные с учетом особенностей обработки подобных деталей [3]. Их основой являются конструкции сборного инструмента с механическим креплением сменных неперетачиваемых пластин из твердых сплавов с износостойкими покрытиями.

Созданы отечественная технология и оборудование для производства прецизионного быстрорежущего и твердосплавного инструмента методами глубинного шлифования из цилиндрических заготовок кругами из

кубического нитрида бора и синтетического алмаза. Созданы высокопористые абразивные круги повышенной производительности и высокоточное шлифовально-заточное оборудование.

Осваивается область уникальной особо прецизионной обработки резанием изделий с отклонениями размеров и формы в пределах нескольких нанометров.

В условиях ограничений импорта технологий двойного назначения и ряда финансовых санкций со стороны развитых в промышленном плане стран, особое значение приобретает развитие российского машиностроения на собственной независимой от импорта базе оборудования и инструмента.

В связи с этим необходимо широкое внедрение современных технологий обработки материалов. Авторы ставили своей целью познакомить обучающихся с теорией и практикой создания прогрессивных инструментальных систем.

После изучения учебного пособия студенты овладевают:

- принципами, положенными в основу создания инструментальных систем современного машиностроительного производства;
- методиками расчета требуемого количества режущего и вспомогательного инструмента для обеспечения конкретных технологических операций;
- принципами обоснованного выбора элементов инструментальной системы.

Издание поддерживает изучение модуля 2 «Системы режущего инструмента. Синтез высокоэффективной инструментальной системы» дисциплины «Инструментальные системы машиностроительного производства».

Для проверки уровня освоения изложенного материала в пособии предусмотрены вопросы для самостоятельного контроля. Ответы на эти вопросы размещены в конце пособия.

## **1. Обрабатываемость материалов резанием.**

В процессе обработки резанием происходит механическое упрочнение обрабатываемого материала (ОМ) в процессе пластического деформирования (наклеп), что приводит к росту интенсивности абразивного изнашивания. Кроме того, как правило, при упрочнении возрастают упругие свойства, что приводит к увеличению упругого последействия, длины контакта задней поверхности и поверхности резания. Как следствие растет тепловыделение за счет трения, что в совокупности со склонностью к адгезии инструментального и обрабатываемого материалов приводит к изнашиванию контактной площадки задней поверхности режущего инструмента (РИ).

Таким образом, при лезвийной обработке материалов возникает задача выбора инструментального материала (ИМ) улучшенного состава с учетом приведенных особенностей процесса резания. Одним из важнейших показателей ИМ в данном случае является повышенная теплостойкость, которая может быть достигнута за счет рационального состава, включающего субстрат-подложку повышенной теплостойкости и многофункциональное наноструктурированное износостойкое покрытие, выполняющее комплекс важных функций.

Повышение механических свойств (твердости и предела прочности) приводит к росту сопротивления, которое металл оказывает обрабатываемому РИ. Эти показатели приобретают качество режимных параметров. Они выражают качественное и количественное влияние механических свойств металлов на уровень практических режимов их обработки.

Установлен целый ряд параметров и характеристик, отражающих различные физические явления, происходящие в процессе взаимодействия РИ с обрабатываемой заготовкой, на протекание которых влияют свойства ОМ. Их совокупность принято выражать общим термином – обрабатываемость металлов резанием, под которым понимают свойство конструкционных металлов подвергаться обработке резанием. Основные показатели обрабатываемости могут иметь как сравнительный, так и абсолютный характер.

К числу показателей, определяющих сущность термина «обрабатываемость резанием», относятся:

- сила резания (момент вращения), например, по сравнению с эталонным металлом (например, со сталью 45), измеренная в равных режимах условий;
- эффективная мощность, затрачиваемая на резание по сравнению с эталонным металлом в равных режимных условиях.

Количественные выражения показателей обрабатываемости конструкционного металла данного химического состава и структурного состояния определяются твердостью, пределом прочности и относительным удлинением, коэффициентом трения в паре с ИМ, свойством изнашивать лезвия инструмента, теплопроводностью и т.д. В реальных производственных условиях перечисленные свойства конструкционных металлов в связи с отклонениями химического состава и неоднородностью микроструктуры не являются постоянными.

Кроме того, характеристики процесса резания, отражающие взаимосвязанные физические явления, имеющие место в зоне стружкообразования, изменяются в зависимости от режима резания, прогрессирующего износа инструмента и т.п. Поэтому сопоставление количественных оценок обрабатываемости, например, по стойкости инструмента допустимо лишь при соблюдении равных условий резания, типичных для сравниваемых групп конструкционных и инструментальных материалов.

Используя стандарт ISO 513 «Материалы твердые инструментальные для обработки резанием. Обозначение основных групп резания и групп применения» (табл. 1.1) в качестве основы, возможно классифицировать конструкционные материалы по такому же принципу.

Согласно рекомендации VDI 3323 Общества немецких инженеров обрабатываемость материала характеризуется эффективной мощностью  $N_e$ , затрачиваемой на процесс резания.

Для упрощения расчета величины  $N_э$  для каждой группы обрабатываемости приводится коэффициент  $k_{c1.1}$  (табл. 1.2), который представляет собой удельную силу резания при срезании стружки толщиной 1 мм.

При других толщинах стружки  $a_{cp}$  используется показатель степени  $m_c$  для вычисления удельной силы резания  $k_c$ :

(1.1)

$$k_c = k_{c1.1} a_{cp}^{-m_c}$$

Эффективная мощность, расходуемая на резание, рассчитывается по формуле:

(1.2)

$$N_э = t S_o v k_c / (6 \cdot 10)^3,$$

где  $t$  – глубина резания, мм;  $S_o$  – подача, мм/об.;  $v$  – скорость резания, м/мин.

Необходимая мощность электродвигателя

(1.3)

$$N_{эд} = N_э / \eta,$$

где  $\eta$  – КПД главного привода.

### 1.1. Области применения инструментальных материалов

Область применения	Обрабатываемые материалы
Р	Сталь, стальное литье, ковкий чугун, дающий сливную стружку
М	Нержавеющая сталь мартенситного, аустенитного, ферритного класса, марганцовистые стали, легированный и ковкий чугун, автоматные стали
К	Чугун, отбеленный чугун, ковкий чугун, дающий элементную стружку, дерево, пластмасса
S	Жаропрочные сплавы на железной, никелевой и кобальтовой основе, титан и титановые сплавы
Н	Материалы высокой твердости
N	Алюминиевые сплавы и другие цветные металлы

## 1.2. Удельная сила резания

Обрабатываемый материал	Прочность, МПа (твердость)	Удельная сила резания $k_{cl.1}$ , Н/мм <sup>2</sup> , при подаче $S_0$ , мм/об.				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Стали:						
малоуглеродистые	520	3610	3100	2720	2500	2280
среднеуглеродистые	620	3080	2700	2570	2450	2300
высокоуглеродистые	720	4050	3600	3250	2950	2640
инструментальные	670	3040	2800	2630	2500	2400
хромомарганцевые	770	3830	3250	2900	2650	2400
хромомолибденовые	730	4500	3900	3400	3150	2850
Чугуны:						
высокопрочные	46 HRC	3190	2800	2600	2450	2270
ковкие	360 HB	2300	1930	1730	1600	1450
серые	200 HB	2110	1800	1600	1400	1330

В табл. 1.3 показано распределение обрабатываемых материалов по группам резания.

## 1.3. Распределение обрабатываемых материалов

Группа резания	Обрабатываемый материал	Группа обрабатываемости по VDI 3323	Типовые марки
P	Углеродистые (нелегированные) стали	2/3	45
	Легированные стали	6/7	18ХГТ
	Ферритные стали	12/13	12Х13
	Легированные инструментальные стали	6/9	ХВГ
	Легированное стальное литье	2/3	35ГЛ
	Литье из ферритных и мартенситных сталей	12/13	12Х17

Продолжение таблицы 1.3

М	Аустенитные и ферритно-мартенситные стали	14/1	10Х23Н18
	Жаростойкие стали	35	ХН73МБПО-В1
	Стали немагнитные и износостойкие	14/1	17Х18Н9
К	Серый чугун (нелегированные и легированный)	15/16	СЧ 25
	Чугун с шаровидным графитом (высокопрочный)	17/18	ВЧ42-12
	Ковкий чугун	19/12	КЧ35-10
N	Цветные металлы	24/25	-
	Сплавы Al	22/23	АЛ30
	Сплавы Cu	26/27	Л70
S	Жаропрочные сплавы	33	ХН78Т
	Титановые сплавы	37	ВТ6
Н	Особопрочные сплавы	38	110Г13
	Термообработанные стали (48...60 HRC)	39	-
	Упрочненные (кокильные) чугуны	40	-

В табл. 1.4 приведена классификация ОМ с обозначениями по государственным стандартам (ГОСТ) России по их обрабатываемости.

#### 1.4 Классификация материалов по обрабатываемости резанием

Группа резания	Характеристика материала	Примеры марок сталей и сплавов по ГОСТ
1	2	3
Р	Углеродистые стали C=0,1-0,25%	Ст3, 05кп, 10, 20кп, 25, 25Г, 10Г2, АС14, 18Г2АФ, 15ХСНД, электротехнические: Э12, Э10, Э8
	Углеродистые стали C=0,25-0,55%	Ст4, Ст5, Ст6, 30, 35, 30Г 40, 45, 40Г, 45Г, 47ГТ, 50, А30, А35, А40, А40Г, А35Е, А45Е, АС40, АС35Г2, АС40Г2
	Легированные стали	65, 65Г, У7А, У8А, , У12А, 18ХГ,

Р	С=0,55-0,8%	20ХФ, 12ХН2, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 18Х2Н4МА, 18ХГТ, 15ХГН2ТА, 45Г2, 40Х, 45Х, 50Х, 30ХРА, 33ХС, 30ХГСА, 40ХФА, 40ХГТР, 40ХН, 38Х2Н2МА, 45ХН2МФА, АС12ХН, АС30ХМ, 60С2А, 65С2ВА
	Подшипниковые стали	ШХ4, ШХ15, ШХ15ГС, ШХ4РП
	Электротехнические стали	Э310-Э360(3411-3425), 2011-2412
	Высоколегированные и инструментальные стали после отжига	Х12М, Х6ВФ, 6Х6В3МФС, 5ХНВ, 4Х3ВМФ3Х2В8Ф
	Стали повышенной твердостью	9ХС, Р18, Р6М5, Р18К5Ф2, Р6М5К5, Р2АМ9К5
	-стальное литье нелегированное	15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л, 40Л, 45Л, 50Л, 55Л, У8Л
	-стальное литье низколегированное, до 5%	20ГЛ, 30ХГСФЛ, 45ФЛ, 30ХНМЛ, 23ХГС2МФЛ
	-стальное литье высоколегированное	15Х13Л, 5Х14НДЛ, 10Х14НДЛ, 20Х8ВЛ
	Марганцовистая броневая сталь	10Г13, Г13
М	Нержавеющие стали (ферритные/мартенситные)	12Х13, 20Х13, 14Х17Н2, 12Х17, 15Х25Т, 40Х9С2Л, 95Х18
	Нержавеющие стали (тепlostойкие и мартенситностареющие)	11Х11Н2В2МФ, Х5Н12К3М7Т, Н12К8М4Г2, 30Х9Н8М4Г2С2, 25Н25М4Г1, 04Х11Н9М2Д2ТЮ, 03Н18К9М5Т-ВД, ЧС5-ВИ
	Нержавеющие стали (аустенитные)	12Х18Н10Т, 17Х18Н9, 12Х17ХГ9АН4, 20Х13Н4Г9, 08Х10Н20Т2,
	Нержавеющие стали (аустенитные литейные)	35Х23Н7СЛ, 12Х18Н9ТЛ, 55Х18Г14С2ТЛ, 45Г13Н3ЮЛ, 20Х21Н46В8Л, 31Х19Н9МВБТЛ, 08Х17Н34В5Т3Ю2Л
К	Чугун серый ферритного класса	СЧ10, СЧ15, СЧ18, АЧС-3

К	Чугун серый перлитного класса	СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35, АЧС-1, АЧС-2
	Чугун высокопрочный ферритный	ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45
	Чугун высокопрочный перлитный	ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80, ВЧ100
К	Ковкий чугун	Ферритные КЧ37-12, КЧ35-10, КЧ30-6, АЧК-1. Перлитные КЧ50-5, КЧ55-4
N	Алюминий чистый	А999-А95, А85, А7-А0, АД1, АД0
	Алюминиевые сплавы деформируемые	Амг2, Амг5, Амг6, АД31, Д1, Д16, АК4, АК6, АК8, В95
	Алюминиевые сплавы литейные	АЛ3, АЛ32, АК52М, АЛ23А, АЛ28, АЛ7, АЛ19, АЛ33, АЛ21
	Силумины Si ≥8%	АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34
	Латунь	ЛС59-1ЛС64-2, ЛЖС58-1-1 (>1% Pb) Л96, Л90, Л85, Л70, Л60 (<1% Pb)
	Бронза	БрОЦС4-4-4, БрО6Ц6С3 (>1% Pb), БрОФ6, БрАЖН10-4-4
S	Технически чистый титан	ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ1Л
	Титановые альфа сплавы	ВТ3-1, ВТ3-1Л, ВТ4, ВТ5, ВТ5-1, ОТ4
	Титановые альфа+бета сплавы	ВТ6, ВТС6, ВТ6Л, ВТ9Л, ВТ14, ВТ14Л, ВТ20, ВТ21Л
	Жаропрочные сплавы на основе Fe	ХН38ВТ, ХН28МАБ, 36ХНТЮ, ХН35ВТЮР, ХН32Т
	Жаропрочные сплавы на основе Ni	ХН60В (ВЖ98), ХН77ТЮР, ХН60МВТЮ, ХН82ТЮМВ, ВЖ36-Л2, АНВ-300, ЖС6К
	Жаропрочные сплавы на основе Со	Inconel 600, 601, 604, 625
Н	Закаленная сталь	Термически обработанные стали до HRC 48...60
	Отбеленный чугун	ЧХ32, ЧН15Д7, ЧН15Д3Ш, ЧН19Х3Ш, ЧС15

### Вопросы для самостоятельного контроля

1. Какое свойство конструкционных металлов называется «обрабатываемость металлов резанием»?
2. Перечислите показатели, определяющие сущность термина «обрабатываемость резанием».
3. Какими количественными выражениями определяются показатели обрабатываемости конструкционного металла данного химического состава и структурного состояния?
4. Что собой представляет коэффициент  $k_{cl.1}$ , применяемый для упрощения расчета величины *эффективной* мощности  $N_э$  ?
5. К какой группе резания относятся жаропрочные и титановые сплавы?

## 2. Инструментальные материалы

При изготовлении инструментов, предназначенных для механической обработки различных материалов, в промышленности применяется широкая номенклатура инструментальных материалов, которые условно подразделяются на четыре основные группы (рис. 2.1): 1) инструментальные стали; 2) твердые сплавы; 3) режущая керамика; 4) сверхтвердые материалы.

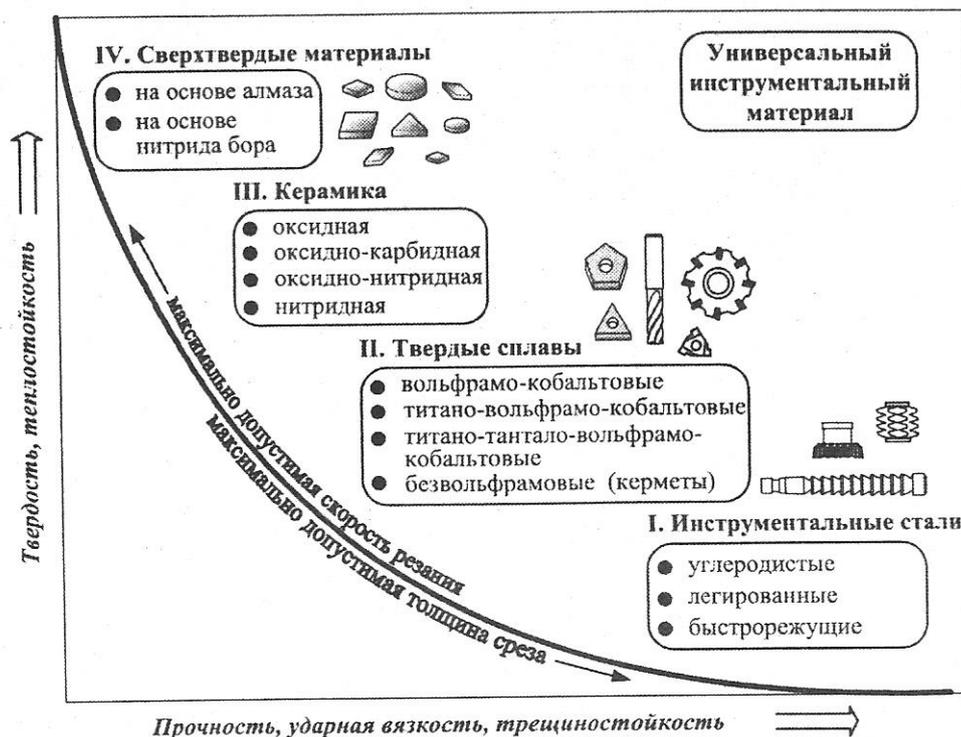


Рис. 2.1. Классификация и основные свойства инструментальных материалов.

В процессе резания рабочие поверхности инструментов подвергаются интенсивному воздействию высоких контактных давлений и температур, а взаимодействие с обрабатываемым материалом и реагентами из окружающей среды приводит к возникновению и протеканию интенсивных физико-химических процессов – адгезии, диффузии, окисления. Чтобы инструменты могли сопротивляться этим процессам и действующим на них нагрузкам, инструментальные материалы должны отвечать ряду требований: а) твердость;

б) теплостойкость; в) прочность; г) ударная вязкость; д) трещиностойкость и др.

## 2.1. Твердые сплавы.

В России основным производителем твердосплавного инструмента является Кировоградский завод твердых сплавов (КЗТС). В табл. 2.1 и 2.2 приведены новые марки твердых сплавов, выпускаемые КЗТС для обработки труднообрабатываемых материалов групп резания *M* и *S*, а в табл. 2.3 и 2.4 – рекомендации по областям использования указанных сплавов.

### 2.1. Современные марки твердых сплавов без покрытия

Марка сплава	Группы применения	Характеристика
A10	M05-M15 S05-S15	Современный аналог сплава ВК6-ОМ для обработки заготовок из нержавеющей, жаропрочных сталей и сплавов на основе титана, вольфрама и молибдена.
B20	M15-M25 S10-20S	Современный аналог сплава МС321 для получистового и чернового точения и фрезерования заготовок из жаропрочных сталей и сплавов и коррозионно-стойких сталей.
B35	M25-M40 S25-S35	Современный аналог сплава ВК8 для чернового точения и фрезерования при неравномерном сечении среза и прерывистом резании коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сталей и сплавов, в том числе сплавов титана.
T20	M15-M25	Современный аналог сплава МС221 для получистового и чернового точения заготовок из коррозионно-стойких сталей.
T40	M25-M35	Современный аналог сплава МС146 для чернового точения и фрезерования заготовок в виде штамповок и поковок из коррозионно-стойких сталей.

## 2.2. Марки твердых сплавов с износостойким покрытием

Марки сплава	Вид покрытия	Группы применения	Характеристика
BC35PT	CVD	M20-M35	Сплав повышенной надежности для обработки всех видов нержавеющей сталей мартенситного и ферритного классов при тяжелых условиях резания
BP20AM	Мульти-слоиное покрытие PVD	M10-M15 S10-S20	Сплав для чистовой и получистовой обработки заготовок из коррозионно-стойких сталей, жаропрочных и титановых сплавов
BP35AM		M25-M40 S15-S30	Высокопрочный сплав для черновой обработки заготовок из коррозионно-стойких сталей, жаропрочных сталей и сплавов и титана при неблагоприятных условиях резания.
TP20AM	Мульти-слоиное покрытие PVD	M10-M20	Сплав для чернового и получистового фрезерования заготовок из коррозионно-стойких сталей
TP20TT		M10-M25	Сплав для чистовой и получистовой обработки заготовок из коррозионно-стойких сталей при высоких скоростях резания.

## 2.3. Типы твердых сплавов для токарной обработки

Тип	Наименование	Группа применения	Основная область применения
1	Без покрытия	S25- S35	Получистовая и черновая обработка заготовок из титановых сплавов
2	С покрытием CVD	M05- M20	Чистовая обработка заготовок из коррозионно-стойких сталей в условиях прерывистого резания
		M15- M35	Получистовая и черновая обработка заготовок из аустенитных коррозионно-стойких сталей на низких скоростях в условиях прерывистого резания
		M25- M40	
		S05- S20	Высокоскоростная чистовая обработка

			заготовок из жаропрочных и титановых сплавов
3		M10- M25	Чистовая обработка заготовок из коррозионно-стойких сталей
		S05- S20	Чистовая обработка заготовок из жаропрочных сплавов

#### 2.4. Типы твердых сплавов для фрезерования

Тип	Наименование	Группа применения	Основная область применения
1	Без покрытия	S25- S35	Получистовая и легкая черновая обработка заготовок из титановых сплавов
4	С мульти-слоиным покрытием PVD	M10- M20	Чистовая обработка заготовок из коррозионно-стойких сталей
		M15-M35	Получистовая обработка заготовок из аустенитных коррозионно-стойких сталей
		S10- S20	Обработка заготовок из жаропрочных сталей на средних скоростях
		S15- S30	Получистовая обработка заготовок из жаропрочных сталей и титановых сплавов

#### 2.2. Выбор инструментального материала

На рис. 2.2. показан пример выбора марок твердых сплавов для групп резания M и S по группам применения.

Группа резания	Группа применения	Тип твердого сплава	
		Для токарной обработки	Для фрезерования
M	10	Тип 2	Тип 4
	20	Тип 3	Тип 4
	30	Тип 2	Тип 4
	40	Тип 2	Тип 4
S	01	На основе Ni	Тип 4
	10	Тип 2	Тип 4
	20	Тип 3	Тип 4
	30	На основе Ti	Тип 1

Рис. 2.2. Выбор марок твердых сплавов для групп резания M и S

В табл. 2.5. приведено сопоставление основных марок твердых сплавов различных производителей.

## 2.5. Соответствие марок твердых сплавов

### 2.5.1. Сплавы без покрытия для точения

Группы резания и применения		КЗТС	ГОСТ 3892-74 (ИСО 513)	ТУ 48-19-308-80	Sandvik Coromant	Korloy	Mitsubishi Materials
1		2	3	4	5	6	7
P	P01	-	T30K4	MC101	-	ST50E	-
	P10	H10	T15K6	MC111	S1P	ST10	STi10T
	P20	H20	T14K8	MC121	S1P	ST20	STi20T
	P30	H30	TT10K8-Б	MC131	SM30	ST30A	UTi20T
	P40	T40	TT7K12	MC146	S6	ST40E	-
M	M10	A10	TT8K6	MC211	-	U10	-
	M20	T20	TT10K8-Б	MC221	H13A	U20	UTi20T
	M30	T40	BK10-ХОМ	MC221	H10F	-	-
	M40	B35	TT7K12	MC146	-	A40	-
K	K01	A10	BK3-М	MC312	H1P	H02	-
	K05	A10	BK6-ОМ	MC312	H1P	H01	HTi10T
	K10	B20	BK6-М	MC306	H10F	H05	HTi10T
	K20	B20	BK6	MC321	-	H10	HTi10T
	K30	B35	BK8	MC321	-	G10	-
	K40	-	BK8	MC347	-	-	-
S	S10	-	-	ВП332	-	-	-
	S20	-	-	ВП332	-	-	-

### 2.5.2. Сплавы с покрытием для точения

Группы резания и применения		КЗТС	ГОСТ 3892-74 (ИСО 513)	ТУ 48-19-308-80	Sandvik Coromant	Korloy	Mitsubishi Materials
P	P05	-	-	-	GC4205	NC3010	UE6105
	P10	TC20PT	-	MC2210	GC4215	PC8110	UE6110
	P20	TC20PT	-	MC2210	GC4225	NC3120	UE6020

	P30	TC40PT	-	MC2210	GC4225	NC3030	UE6035
	P40	TP40AM	-	-	GC4235	NC500H	-
M	M10	AP10AT	-	MC1460	GC2015	-	US7020
	M20	TP20TT	-	MC1460	GC1025	NC9020	VP20ME
	M30	TP40TT	-	MC1460	GC2025	NC9025	US735
	M40	BP35AM	-	-	GC2035	PC9030	
K	K01	-	-	-	GC3205	-	-
	K05	AP10AT	-	MC3210	GC3205	NC5025	UC5105
	K10	BC20HT	-	MC3210	GC3210	NC6210	UC5115
	K20	BC25HT	-	MC3210	GC3215	NC315K	-
	K30	BC35PT	-	MC3210	-	NC5330	-
	K40	-	-	-	-	-	-
N	N01	-	-	ВП3115	CD1810	-	-
	N05	A10	-	ВП3115	CD1810	-	-
	N10	A10	-	-	GC1005	-	-
	N20	B25	-	ВП3325	GC1125	-	-
	N30	B35	-	ВП3325	-	-	-
S	S01	-	-	-	S05F	-	-
	S05	A10	-	-	GC1105	-	VP05RT
	S10	B20	-	-	GC1115	PC8110	VP10RT
	S20	B20	-	-	GC1025	PC5300	VP15TF
	S30	B35	-	-	GC1125	-	-
H	H01	-	-	-	-	-	-
	H05	-	-	-	GC4205	-	-
	H10	A10	-	-	G4215	-	-
	H20	-	-	-	-	-	-
	H30	-	-	-	-	-	-

### 2.5.3. Сплавы с покрытием для фрезерования

Группы резания и применения	КЗТС	СКИФ-М	ГОСТ <sup>1)</sup> 3892-74 (ИСО 513)	ТУ 48-19- 308-80	Sandvik Coromant	Korloy
1	2	3	4	5	6	7
P05	TP20AM	НСП20	T15K6	MC2216	GC4220	NC5330

P	P10	TP20AM	HCP20	T14K8	MC2216	GC4220	NC5330
	P20	TP20AM	HCP25C	T5K10	MC1465	GC4230	NCM325
	P30	TP40AM	HCP35D	TT7K12	-	GC4230	NCM335
	P40	TP40AM	HCP40	-	-	GC4240	PC3545
M	M10	TP20AM	-	TT10K8-Б	-	GC1030	PC5330
	M20	TP40AM	HCS30	-	MC1465	GC2030	MCM325
	M30	BP35AM	HCM35	-	MC1465	GC2040	MCM335
	M40	-	HCM40	-	-	GC1040	PC3545
K	K05	AP10AM	HCK10	TT8K6	MC3216	-	PC5330
	K10	AP10AM	HCK15	T8K6	MC3216	GC3220	PC8110
	K20	BP20AM	HCK20	BK8	-	GC1020	PC9530
	K30	BP35AM	-	-	-	GC3040	PC5300
S	S10	AP10AM	-	TT10K8-Б	MC1466	GC1030	PC8110
	S20	BP20AM	HCS30A	-	MC1465	GC2030	PC5300
	S30	BP35AM	HCS35	-	-	GC2040	PC210
	S40	-	HCS35D	-	-	GC1040	PC3545
H	H05	-	-	-	-	GC1010	-
	H10	AP10AM	HCH15	-	-	GC1030	-
	H20	-	-	-	-	GC4220	-

<sup>1)</sup> Допустимая замена на сплав без покрытия

Далее в табл. 2.6 приводятся расширенное описание марок твердых сплавов, выпускаемых “Sandvik Coromant” для фрезерования, которое дает представление о том, что пока не существует универсальная марка твердого сплава для широкого спектра задач резания.

## 2.6. Сплавы для фрезерования “Sandvik Coromant”

Группа резания	Группа применения	Марки сплавов	Описание сплава и его назначение
P	P20 (P10-P25)	GC4220	Сплав с покрытием для работы без охлаждения с большой скоростью съема материала.
	P30 (P10-P40)	GC4230	Универсальный сплав для операций легкого и тяжелого фрезерования нелегированных и низколегированных сталей.

<b>Р</b>	P30 (P15-P35)	GC1030	Твердый сплав с PVD покрытием для фрезерования низкоуглеродистых сталей при обработке высоких уступов концевыми фрезами с большим вылетом.
	P40 (P35-P50)	GC4240	Сплав с покрытием для фрезерования широкого диапазона марок стали при повышенных требованиях к прочности.
<b>М</b>	M10 (M05-M10)	GC1010	Сплав с покрытием PVD для обработки нержавеющей стали в стабильных условиях резания.
	M15 (M10-M25)	GC1030	Сплав с PVD покрытием рекомендуется для чистового фрезерования нержавеющей стали.
	M30 (M25-M35)	GC4230	Сплав с покрытием рекомендуется как для чистового, так и для чернового фрезерования мартенситных нержавеющей стали.
	M35 (M25-M40)	GC1040	Прочный сплав с покрытием PVD для фрезерования аустенитных нержавеющей стали ,в диапазоне от низких до высоких скоростей и подач.
<b>К</b>	K20 (K10-K25)	GC1020	Сплав с покрытием PVD для получистового и чернового фрезерования серого чугуна с шаровидным графитом с применением СОЖ.
	K25 (K20-K30)	GC4220	Сплав с покрытием для чистового и чернового фрезерования чугуна со средними скоростями резания. Дополняет сплавы GC3000 в тех случаях, когда ради остроты необходимо более тонкое покрытие на режущей кромке.
	K30 (K20-K35)	GC4230	Сплав с покрытием для чистового и чернового фрезерования чугуна с шаровидным графитом.

### Вопросы для самостоятельного контроля

1. На какие основные группы подразделяется номенклатура инструментальных материалов?
2. Каким требованиям должны отвечать инструментальные материалы?

### 3. Характеристики многоцелевых станков

#### 3.1. Типы многоцелевых станков и их особенности

На многоцелевых станках (МЦ) с ЧПУ сверлильно-расточной и фрезерной групп обрабатывают детали машин широкой номенклатуры. Типы деталей определяются в значительной степени специализацией предприятий с отраслевой направленностью. Типовыми деталями являются станины, рамы, корпуса, коробки, крышки, плиты и т.п. Эти детали изготавливают в основном из черных металлов. Для обработки корпусных деталей применяют станки горизонтальной компоновки (рис. 3.1).

По данным [4] 23% корпусных деталей изготавливают из стали (литье и прокат), до 60% – из чугуна. В меньшей степени для корпусных деталей применяют алюминиевые сплавы и другие материалы.

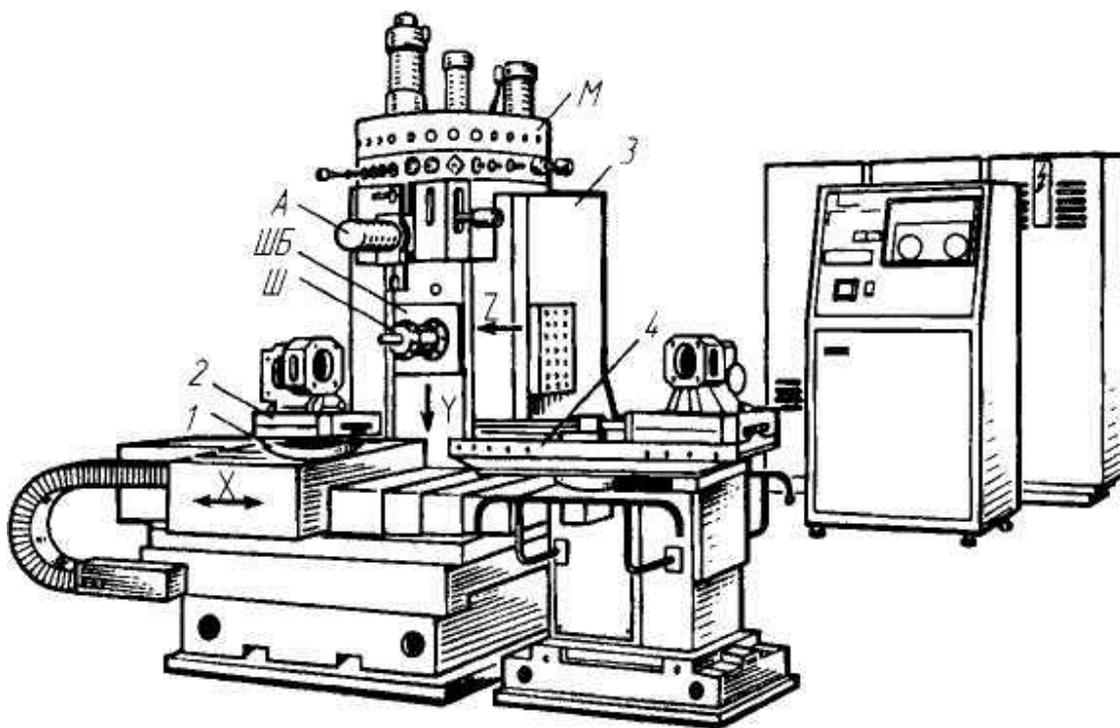


Рис. 3.1. Общий вид МЦ с горизонтальной осью вращения шпинделя

Многоцелевые станки снабжают необходимым режущим инструментом, расположенным в специальном инструментальном магазине.

В соответствии с заданной управляющей программой используется любой инструмент из магазина, требуемый для обработки соответствующей поверхности. Все более широкое применение находят также устройства автоматической смены заготовок, предварительно закрепленных на столах-спутниках.

При горизонтальной компоновке ось вращения шпинделя *Ш* расположена горизонтально, и такие станки чаще всего используют для обработки сложных корпусных деталей. Шпиндельная бабка *ШБ* перемещается (координата *Y*) по вертикальным направляющим стойки *З*, которая может быть подвижной (координата *Z*) или неподвижной. Отдельные станки имеют выдвижной шпиндель. На продольном столе *2* (координата *X*) расположен поворотный стол *1*. На верхнем торце стойки смонтирован инструментальный магазин *М*. В устройство автоматической смены инструмента входит автооператор *А*. Поворотная платформа *4* служит для установки на столе-спутнике очередной заготовки корпусной детали во время обработки предыдущей корпусной детали той же или совершенно иной конфигурации.

В корпусных деталях обрабатывают преимущественно отверстия к плоскости. Отверстия в корпусных деталях имеют различное назначение. Их можно разделить на два вида: основные, в которых монтируют детали механизмов и машин (валы шестерни, шкивы и т.д.) и крепежные (с резьбой и без резьбы), служащие для установки деталей крепления (болтов, винтов и т.п.). Число основных отверстий в зависимости от вида и назначения корпусных деталей сильно колеблется, но в среднем три – пять отверстий, а крепежных пять – семь. Из общего числа основных отверстий по 7-9-му качеству точности изготавливают около 75%, причем из них с допуском расположения отверстий от 0,01 до 0,03 мм – 10%, от 0,03 до 0,1 мм – 40%, а более 0,1 мм – 50%. Диаметры основных отверстий в корпусных деталях преимущественно (до 80%) находятся в пределах 120 мм.

Трудоемкость обработки корпусных деталей составляет в среднем: сверление – 25%, зенкерование и растачивание – 25%, фрезерование – 30%, другие виды обработки – 20%.

Наиболее характерными технологическими видами обработки (переходами) корпусных деталей являются: а) контурное фрезерование; б) фрезерование плоскостей черновое (глубина резания до 10-12 мм), получистовое и чистовое; в) фрезерование пазов и уступов; г) сверление крепежных и основных отверстий; д) развертывание отверстий по 7-8 квалитетам точности; е) растачивание получистовое (припуск 3-15 мм) и чистовое (припуск 1-2 мм); ж) нарезание резьбы в отверстиях.

Для обработки типовых поверхностей в отверстиях корпусных деталей рекомендуются различные виды инструментов в зависимости от размера и конфигурации отверстий, вида поверхности, требований к точности диаметра, допуски соосности, серийности, производства и др. Обработку корпусных деталей обычно начинают с обработки базовых плоскостей, которые затем служат началом отсчета координат положения основных или крепежных отверстий, длин отверстий и их торцов, пазов и т.д.

Для обработки базовых плоскостей обычно применяют торцовые фрезы двух типов: черновые и чистовые с механическим креплением сменных многогранных пластин. Для чистовой обработки рекомендуются фрезы, у которых режущие пластины имеют широкие «зачистные» фаски. При чистовой обработке плоскостей в чугунных деталях эффективно применять фрезы, оснащенные режущими элементами из поликристаллов кубического нитрида бора (ПКНБ). Последние позволяют не только повысить производительность обработки, но и уменьшить шероховатость поверхности.

При сверлении отверстий под элементы крепления применяют ступенчатые спиральные сверла, которые обеспечивают за один рабочий ход сверление и зенкерование отверстия под головку винта или обработку фаски под нарезание резьбы метчиком.

Для обработки отверстий диаметром  $D$  свыше 18-20 мм и длиной до  $2D$  особенно в материалах с пониженной обрабатываемостью более высокую производительность по сравнению с производительностью при обработке спиральными сверлами обеспечивают сборные сверла со сменными и многогранными неперетачиваемыми пластинами из твердого сплава, а также фрезерование отверстий концевыми фрезами, движущимися по планетарной траектории.

Растачивание является основным методом обработки соосных отверстий 6-9 квалитета точности. Наиболее эффективно растачивание одним или двумя режущими лезвиями. Попытки использования расточных инструментов с числом зубьев более 4, особенно на диаметрах свыше 70-100 мм, не обеспечивает необходимой эффективности по производительности обработки. Причиной этому является динамическая неустойчивость процесса резания (вибрации) и разрушение режущих лезвий при работе многолезвийными инструментами на скоростях резания выше 50-80 м/мин.

Чистовое растачивание одним режущим лезвием обеспечивает наиболее точную обработку при всех других технологических факторах, действующих в процессе растачивания вращающимся инструментом. Следует отметить, что наибольшее влияние на производительность и точность растачивания оказывают станок, материал резца и качество материала детали. На прецизионных расточных станках не представляет особых затруднений растачивание с точностью по 6-му и выше квалитетам в деталях из обычных конструкционных материалов.

Для обработки отверстий с высокими требованиями к точности обработки необходимо применять инструменты с точной регулировкой положения режущих лезвий (до 0,005 мм) с предварительной настройкой их на размер как однолезвийные, так и многолезвийные.

Из приведенного анализа основных особенностей обработки корпусных деталей на станках с ЧПУ следует, что технология обработки этих деталей не может быть единой, и в каждом отдельном случае она должна быть разработана

с учетом особенностей конструкции деталей, особенностей станка, требований к обрабатываемым поверхностям и других условий.

Для унификации вспомогательного инструмента для многоцелевых станков с ЧПУ разрабатывают инструментальных системы. Разработана система вспомогательного инструмента для этих станков (рис. 3.2).

Хвостовики инструментов (поз. 115) имеют единую конструкцию хвостовиков для автоматической смены инструмента и выполняется по ГОСТ 25827-2013. Для станков классов точности Н и П установлена степень точности хвостовиков АТ5, для станков классов точности В и А - АТ4. Вспомогательный инструмент изготавливают из стали 18ХГТ с цементацией и закалкой до твердости 53—57 HRC<sub>э</sub>, что обеспечивает достаточную долговечность и отсутствие деформаций после термической обработки.

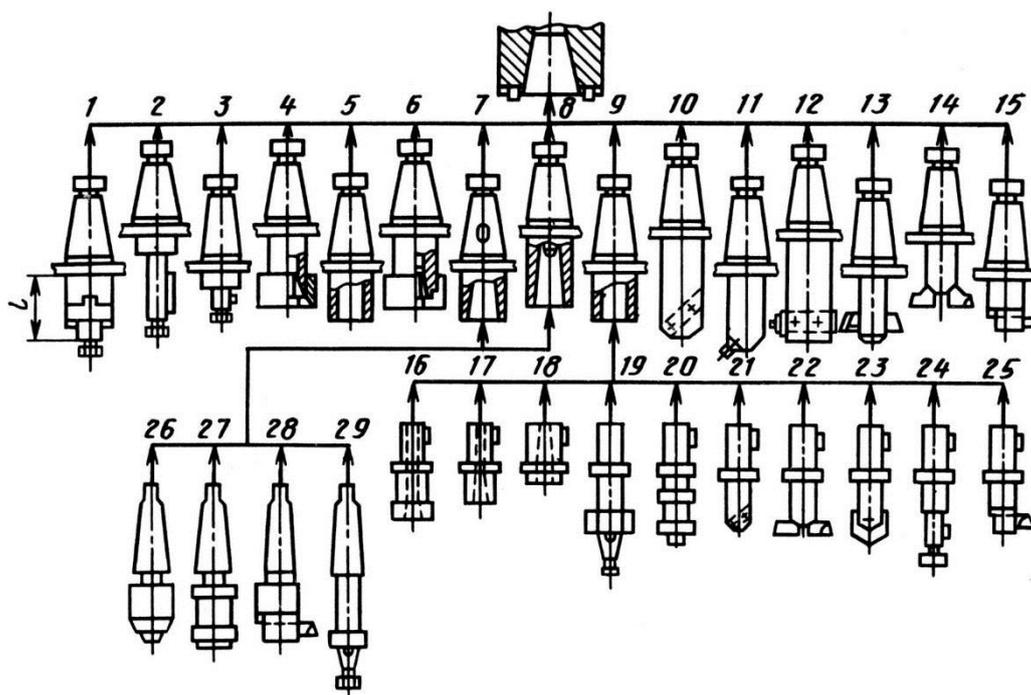


Рис. 3.2. Система вспомогательного инструмента для станков с ЧПУ сверлильно-расточной и фрезерной групп: 1 - оправка для насадных фрез с поперечной шпонкой; 2 - оправка для насадных цилиндрических фрез с продольной шпонкой; 3 - оправка для насадных торцовых фрез с продольной шпонкой; 4 - патрон цанговый с диапазоном зажима 20-40 мм; 5 - втулка переходная для концевых фрез; 6 - патрон цанговый с диапазоном зажима 5-20 мм; 7 - втулка переходная для инструмента с конусом Морзе с лапкой;

8 - втулка переходная с конусом Морзе с резьбовым отверстием; 9 - державка для регулируемых патронов, втулок и оправок; 10 - оправка расточная для чернового растачивания отверстий; 11 - оправка расточная для чистового растачивания; 12 - оправка сборная для чистового растачивания; 13 - оправка для подрезных пластин; 14 - головка расточная двузубая; 15 - головка расточная универсальная; 16 - патрон регулируемый цанговый с диапазоном зажима 5-25 мм; 17 - втулка регулируемая с внутренним конусом Морзе; 18 - втулка регулируемая длинная с внутренним конусом Морзе; 19 - оправка регулируемая для насадных зенкеров и разверток; 20 - патрон регулируемый резьбонарезной; 21 - оправка регулируемая для чернового растачивания; 22 - оправка регулируемая расточная двузубая; 23 - оправка регулируемая для крепления пластин перовых сверл; 24 - оправка регулируемая для дисковых фрез; 25 - патрон расточной регулируемый; 26 - патрон сверлильный трехкулачковый с конусом Морзе; 27 - патрон резьбонарезной с конусом Морзе; 28 - патрон расточной с конусом Морзе; 29 - оправка для насадных зенкеров и разверток с конусом Морзе;

### 3.2. Многоцелевой станок DMC 630 ecoline

Фрезерный 3-х координатный станок DMG DMC 635V Ecoline (рис. 3.3) представляет собой современный МЦ, который отличается высокой производительностью, универсальностью и простотой управления.



Рис. 3.3 – Внешний вид DMC 635V Ecoline

Отличительные особенности:

- система ЧПУ Heidenhain TNC 620 с полной ASCII клавиатурой или Siemens 840 SL;
- 15” TFT SlimLine панель управления, DMG SMARTkey;
- комплексное управление инструментом с визуальным представлением;
- визуальная поддержка для наладки и диагностики, интерфейсы данных: Ethernet, USB;
- мощный шпиндель (12 000 об/мин / 83 Нм / 13 кВт при 40%ED);
- инструментальный магазина на 20 позиций с двойным грейфером;
- лучшая жёсткость, точность и компактность, благодаря С-образной конструкции;
- уменьшение времени простоя: 30 м/мин быстрые хода, 1,6 сек время смены инструмента.

В табл. 3.1 приведены основные технические характеристики DMC 635V Ecoline.

### 3.1. Основные технические характеристики DMC 635V Ecoline.

№	Наименование параметра	Значение	Единица изм.
<b>Рабочая зона</b>			
1.	Диапазон перемещений	X=635, Y=510, Z=460	мм
2.	Расстояние от торца шпинделя до стола	120 - 580	мм
3.	Стол с 5 Т-образными пазами (паз посередине 14Н7, 4 паза 14Н12)	560 x 790	мм
4.	Расстояние между пазами стола	100	мм
5.	Максимальная нагрузка на стол	600	кг
<b>Главный привод</b>			
6.	Число оборотов	20 - 12 000	об/мин
7.	Мощность привода для систем ЧПУ	13 (40%ED) 9 (100%ED)	кВт
8.	Крутящий момент для систем ЧПУ	83 (40% ED) 57 (100% ED)	Нм

Продолжение таблицы 3.1

9.	Усилие зажима инструмента	8	кН
10.	Конус шпинделя	40 по DIN 69 871	
11.	Пневматическое зажимное приспособление для затяжных болтов по DIN69872	Да	-
<b>Инструментальный магазин</b>			
12.	Исполнение	Тарельчатый с двойным грейфером	-
13.	Число мест в магазине	20 мест SK40	-
14.	Максимальный диаметр инструмента	80 (130 мм при при свободных соседних местах)	мм
15.	Максимальная длина инструмента (от торца шпинделя)	300	мм
16.	Максимальный вес инструмента	6	кг
17.	Время смены инструмента	1,6	с
18.	Среднее время от стружки до стружки (для инструментов диаметром менее 80 мм)	5	с
<b>Приводы подач</b>			
19.	Тип привода	Цифровой двигатель АС, соединенный непосредственно с ШВП (оси X, Y d 40x15 мм, ось Z d 32x15 мм)	-
20.	Скорость подачи (оси X-, Y-, Z)	до 20	м/мин
21.	Быстрые перемещения (оси X-, Y-, Z)	30	м/мин
22.	Усилие подачи (оси X-, Y-, Z)	4	кН
23.	Направляющие	Роликовые по всем линейным осям	-
<b>Измерительные системы</b>			
24.	Точность позиционирования P max (по VDI/DGQ 3441) (максимальная точность достигается при 20 град. C +/- 2 градуса.)	20	мкм

<b>Устройство подачи СОЖ</b>			
25.	Производительность при 3,7бар	22	л/мин
26.	Объем бака для СОЖ	120	л
<b>Установочные размеры и вес</b>			
27.	Размеры станка Д x Ш x В	2169 x 3008 x 2650	мм
28.	Вес станка (без принадлежностей)	3800	кг
29.	Площадь, необходимая для эксплуатации и обслуживания Д x Ш	4200 x 4500	мм
<b>Данные для подключения</b>			
30.	Потребление воздуха	15	м3/час
31.	Давление воздуха во внешней сети	6,5...8	бар
32.	Рабочее напряжение (+6%/-10%)	400/50	В/Гц
33.	Потребляемая мощность (max)	17	кВА
34.	Измеренный уровень шума (max) по DIN 45635 - 16 KI.2	78	дБ
<b>Система ЧПУ</b>			
35.	Система ЧПУ	3D Heidenhain TNC620	-
36.	Панель оператора	SLIMline	
37.	Процессорный блок	Intel Celeron, 400 МГц, 512 Мб	-
38.	Дисплей	15,1" цветной TFT-монитор, 1024 x 768	-
39.	Время обработки блока программы	>= 6	мсек
40.	Интерполяция	Прямолинейная, 4 оси Круговая, 2 оси	-
41.	Интерфейсы данных	Fast Ethernet 10/100 BaseT (100 мБод), V.24/RS232C, USB-1.1	-

Станок имеет С-образную литую станину из состаренного чугуна, что обеспечивает постоянство условий обработки на протяжении всего срока эксплуатации.

Широкое основание с тремя точками опоры, станина, обеспечивает гашение вибраций за счет реберной конструкции и симметричность тепловых деформаций. Сбалансированность конструкции обеспечивает высокую жесткость и сопротивление на изгиб, термостабильность и точность направляющих.

Рабочий стол станка имеет жесткую конструкцию направляющих, которая обеспечивает перемещение стола во всем диапазоне оси по станине станка и допускает высокие нагрузки на стол станка.

Шариковинтовые пары линейных осей с циркулирующими шариками передают усилие подачи от приводов.

Роликоподшипниковые линейные направляющие известны малым тепловыделением, низким коэффициентом трения, отсутствием эффекта «прилипания», постоянством точности (низкий износ) и очень низкими требованиями к смазке. Ось X закрыта защитными кожухами, которые обеспечивают отведение стружки.

Система смазки роликоподшипниковых направляющих и ШВП устроена по принципу подачи минимально необходимого количества смазки.

Для высокой динамики и малых расходов на обслуживание применяются цифровые привода переменного тока. Быстрое время обратной связи между приводами и ЧПУ обеспечивают высокое значение ускорения и точность, что вместе с линейными роликоподшипниковыми направляющими дает высокое качество обработанной поверхности и точность обработанного контура детали.

Трехфазный электродвигатель напрямую передает вращение на главный шпиндель. Шпиндель имеет воздушное охлаждение. Мощный главный шпиндель имеет жесткую конструкцию и оснащается прецизионными подшипниками с консистентной смазкой.

Зажим инструмента производится механически механизмом с тарельчатыми пружинами. Цилиндр разжима инструмента активируется пневматикой. 20-ти позиционный магазин инструмента (дискового типа с

карманами) расположен внутри рабочей зоны станка, но при этом защищен от попадания СОЖ и стружки. При смене инструмента используется двухместный захват, что дает короткий цикл смены. Инструмент располагается в карманах магазина и удерживается пружинными элементами. Инструмент в магазин устанавливается из главного шпинделя.

При каждом цикле смены инструмента производится обдув и очистка инструментального конуса шпинделя и инструмента сжатым воздухом под давлением.

Возможна обработка с использованием охлаждения при помощи подачи СОЖ в большом объеме.

Станок оснащен компактной защитной кабиной с откатной дверью рабочей зоны. Оптимальный доступ к рабочей зоне, удобство при уборке и хороший доступ к метам обслуживания станочных узлов являются отличительными особенностями этой серии станков.

#### **Вопросы для самостоятельного контроля**

1. Какие детали машин обрабатывают на многоцелевых станках с ЧПУ?
2. Дайте характеристику отверстиям в корпусных деталях по их назначению.
3. С какой целью разрабатывают инструментальных системы?
4. Перечислите основные характеристики многоцелевого станка с вертикальной осью вращения шпинделя с точки зрения его инструментального оснащения.

#### **4. Гибкие производственные системы и их складские системы**

Первым этапом развития автоматизации многономенклатурного производства является замена станков с ручным управлением, требующих выполнения оператором производственного цикла, на станки с ЧПУ. На станке с ЧПУ все кинематические движения рабочих органов задаются программой, что позволяет быстро переходить на производство других типоразмеров и видов деталей путем смены управляющих программ, приспособлений и инструментальных систем.

Следующим этапом развития машиностроительного производства является применение ГПС. Повышение технологической эффективности в автоматизированном производстве достигается за счет использования автоматизированной системы подачи заготовок и транспортировки на склад готовых изделий, применения многоярусных складов с заданными типоразмерами заготовок и деталей, применения системы автоматического отвода стружки и подачи СОЖ.

##### **4.1. Структура ГПС**

Совершенствование машиностроительных производств в направлении увеличения объема выпуска изделий, расширения их номенклатуры и повышения качества решаются в настоящее время путем создания гибких производственных систем (ГПС). Современный период автоматизации обусловлен развитием средств вычислительной техники и прогрессом робототехники. Промышленные роботы (ПР) на производстве выполняют вспомогательные операции загрузки-разгрузки технологического оборудования и транспортирования предметов труда, а также и некоторые основные технологические операции (сварку, резку, пайку, окраску, сборку и др.).

Объединение станка с ЧПУ и ПР дало качественно новый вид оборудования — роботизированный технологический комплекс (РТК), который согласно ГОСТ 26228—85 представляет собой совокупность единицы технологического оборудования, ПР и средств оснащения, автономно

функционирующую и осуществляющую многократные циклы. Повышение надежности работы оборудования введением в систему управления средств диагностики функционирования отдельных элементов оборудования и контроля за выполнением элементов технологического процесса позволило создать ГПМ, способные работать определенное время, например, одну-две смены, в безлюдном режиме.

По ГОСТ 26228—85 ГПМ — это единица технологического оборудования для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик с программным управлением, автономно функционирующая, автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, имеющая возможность встраивания в ГПС.

Оснащение одного или нескольких ГПМ накопителями заготовок, магазинами инструментов и устройствами их загрузки-разгрузки дает возможность такой производственной ячейке длительное время выполнять автоматически часть производственного процесса без участия оператора.

Объединение под единым управлением средствами вычислительной техники технологического оборудования и транспортно-складской системы образует ГПС, то есть совокупность в разных сочетаниях оборудования с ЧПУ, РТК, ГПМ, отдельных единиц технологического оборудования и системы обеспечения их функционирования в автоматическом режиме в течение заданного интервала времени, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделия произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик (ГОСТ 26228—85).

По организационной структуре ГПС различают гибкий автоматизированный участок (ГАУ), гибкую автоматизированную линию (ГАЛ) и гибкий автоматизированный цех (ГАЦ). В ГАУ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, как это необходимо в условиях мелкосерийного производства.

В ГАЛ технологическое оборудование расположено в принятой последовательности технологических операций, что характерно для производств большей серийности.

ГАЦ объединяет несколько ГАУ или ГАЛ для изготовления узлов или комплектов деталей для их сборки. Дальнейшая интеграция ГАЦ для изготовления машин приводит к созданию уникального производства — гибкому автоматизированному заводу (ГАЗ). Работы по исследованию возможности создания ГАЗ ведутся в настоящее время.

ГПС классифицируют по уровням автоматизации, разновидности обрабатываемых изделий и комплексности их изготовления, видам обработки (ГОСТ 26962—86). Оценку уровней автоматизации производят по трем градациям: первый и второй уровни предусматривают соответственно автоматизированную и автоматическую переналадку при изготовлении освоенных изделий, а третий уровень — автоматизированную переналадку при переходе на изготовление новых изделий.

Разновидностями ГПС по признаку выпускаемых изделий в соответствии с принципами групповой технологии являются ГПС для изготовления: корпусных деталей (корпусов коробок скоростей, передач, станин, оснований, кронштейнов и т. п.); плоскостных деталей (планок, крышек, панелей, реек, плоских рычагов и т. п.); деталей типа тел вращения (валов, втулок, фланцев, гильз, зубчатых колес и т. п.); деталей нескольких классификационных групп, сборочных единиц.

По комплексности изготовления изделий различают:

- ГПС операционные, которые осуществляют отдельные операции или неполный комплекс операций технологического процесса изготовления деталей или сборочных единиц;
- ГПС для производства деталей, полностью осуществляющие все операции по изготовлению отдельных деталей;
- ГПС для производства комплектов, изготавливающие детали для сборочной единицы;

- ГПС для производства сборочных единиц, изготавливающие детали узлов и осуществляющие их сборку.

По видам обработки операционные ГПС создают для литья, обработки давлением, сварки, пайки, обработки резанием, электрофизической обработки, термообработки, нанесения покрытий, сборки, контроля и испытаний, а также многоцелевые ГПС, предназначенные для выполнения нескольких видов обработки.

Экономический эффект от внедрения ГПС, несмотря на значительные затраты на автоматизацию, достигается за счет высокой организации производства, а также реализации прогрессивной технологии и оптимизации технологических процессов по заданным критериям производительности, себестоимости и др. Это в совокупности обеспечивает выпуск требуемого количества деталей заданной номенклатуры в точно установленное время, связанное с тактом последующей сборки из этих деталей узлов машин,

Наиболее эффективными областями применения ГПС являются мелко- и среднесерийное производства. На предприятиях массового производства целесообразно применять ГПС во вспомогательных, инструментальных, экспериментальных и других цехах, выпускающих повторяющиеся партии изделий. В перспективе при повышении уровня автоматизации решений производственных задач ГПС будут эффективны и в условиях единичного производства.

Основными показателями ГПС являются: а) комплексность изготовления изделий; б) производительность, определяемая объемом продукции в единицу времени; в) длительность изготовления комплекта изделий; г) уровень автоматизации.

Эти показатели обеспечивают экономический эффект при выполнении определенных требований к ГПС, зависящих от условий и типа производства. Главным требованием к ГПС в условиях мелкосерийного типа производства с установившейся номенклатурой изделий является возможность быстрой переналадки оборудования. В этих условиях предпочтительно изготовление

деталей в номенклатуре и количестве, образующих комплекты для последующей сборки узлов. При этом требование оптимальности технологических процессов является второстепенным.

В условиях среднесерийного производства, где рационально применение операционных, предметных, комплектных и узловых ГПС, главным требованием к ГПС является высокий уровень автоматизации производственных процессов, включая технологическую подготовку производства.

Вследствие ограниченности номенклатуры изготавливаемых изделий и относительно больших партий запуска должна быть реализована возможность тщательной отработки операционной технологии, что повышает устойчивость протекания технологических процессов.

Подготовка управляющих программ должна осуществляться на специализированном программном обеспечении (CAD-CAM системы), отладка — с помощью оперативных систем ЧПУ с предварительным запуском программы в безопасной зоне рабочего пространства станка.

Технологические процессы изготовления изделий на ГПС готовят с помощью автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП).

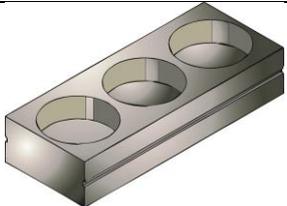
Для автоматизации технологических расчетов разрабатывают типовые технологические решения по выбору операционной и маршрутной технологии (типовые переходы обработки элементарных поверхностей и опорные технологические маршруты). К типовым технологическим решениям для автоматизированных производств предъявляются повышенные требования по надежности их выполнения, в связи с чем их перед формализацией в едином информационном пространстве отрабатывают в производственных условиях.

В мелко- и среднесерийном производстве общей последовательностью автоматизированного проектирования технологических процессов в АСТПП являются:

- подготовка и ввод в SCADA – систему исходной информации о деталях и условиях их изготовления;
- выбор состава операций на основе типовых технологических переходов;
- формирование на базе опорных технологических процессов;
- уточнение состава наладок инструмента и зажимных приспособлений для групповых технологических процессов.

Типовая компоновка ГПС фирмы FESTO, работающая в составе технологических полигонов ряда предприятий для производства плоских деталей и тел вращения, необходимых для изготовления сборочных единиц (конструкций), представлена на рис. 4.1...4.9. Основным видом продукции являются сборочные конструкции из деталей типа «Основание» и «Тело вращения» (табл. 4.1).

#### 4.1. Детали стандартной номенклатуры.

Вид детали	Описание детали
	<p>Деталь «Основание».</p>
	<p>Деталь «Тело вращения».</p>

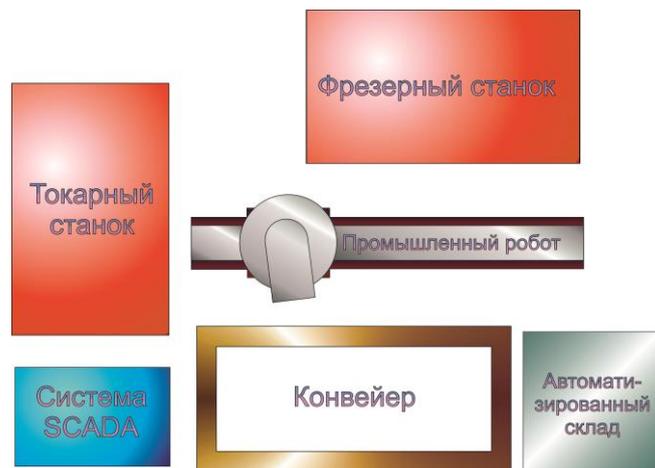


Рис. 4.1. Схема компоновки ГПС



Рис. 4.2. Общий вид ГПС



Рис. 4.3. Токарный станок (ГПМ)



Рис. 4.4. Фрезерный станок (ГПМ)



Рис. 4.5. Конвейер заготовок и деталей

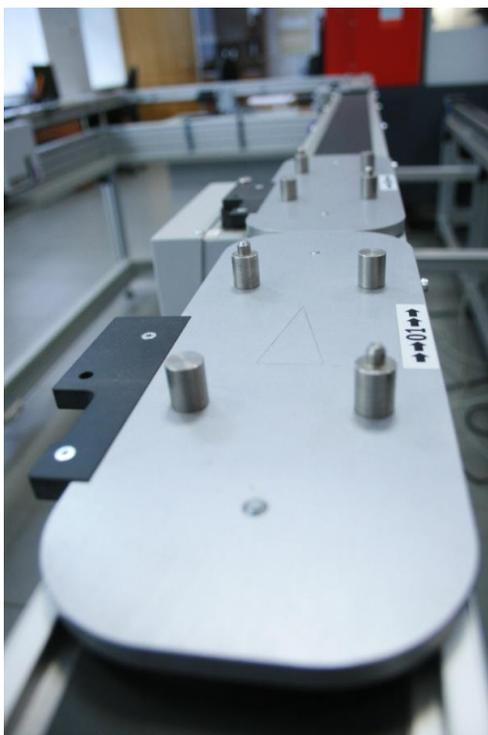


Рис. 4.6. Тележка для транспортировки паллет



Рис. 4.7. Автоматизированный склад



Рис. 4.8. Паллеты с деталями «Тело вращения» и «Основание»



Рис. 4.9. Промышленный робот

Представленная на рис. 4.1...4.9 ГПС имеет гибкую последовательность выполнения технологических операций и предназначена для производства деталей «Тело вращения» и «Основание». Полный технологический и транспортный цикл изготовления деталей включает следующие элементы:

- доставка заготовки и паллеты со склада на конвейер;
- доставка заготовки и паллеты в зону промышленного робота;
- транспортировка заготовки и паллеты на промежуточную станцию паллет;
- перемещение заготовки в рабочую зону станка;
- изготовление детали;

- транспортировка детали на промежуточную станцию паллет;
- транспортировка детали и паллеты на конвейер;
- транспортировка детали и паллеты на склад.

Технологическое назначение ГПС существенно влияет на выбор структурной схемы участка. Например, корпусные детали обрабатываются в специализированных зажимных приспособлениях, которые называются «спутниками», а тела вращения – закрепляются в стандартных зажимных приспособлениях. Длительность обработки корпусных деталей существенно больше, чем тел вращения, поэтому различны и запасы заготовок внутри участков и устройства для их хранения.

Для обработки корпусных деталей нужна более широкая номенклатура режущего инструмента и технологической оснастки, чем при обработке тел вращения, и т.д.

В структуре ГПС могут применяться различные станки: а) токарные и фрезерные нормальной точности для предварительной обработки заготовок с повышенной мощностью привода главного движения; б) фрезерные станки для окончательной обработки; в) токарные станки для финишной обработки; ГПМ сверлильно-фрезерно-расточной группы и т.д.

При необходимости рядом устанавливаются токарные, фрезерные, шлифовальные станки различного уровня автоматизации для завершения полного технологического цикла изготовления деталей (например, обработка классных поверхностей, притупление острых кромок, снятие заусенцев и т.п.).

Склады вдоль линии станков целесообразно использовать при однорядном расположении станков; поперечные склады рекомендуются при многорядном расположении станков. Планировка с поперечным складом занимает меньшую площадь, но требуется транспорт, обслуживающий станки.

Вместимость межоперационных складов-накопителей должна обеспечить хранение запаса заготовок (полуфабрикатов), ожидающих обработки на отдельных станках, с учетом времени установки различных деталей, хранение запаса заготовок (полуфабрикатов), компенсирующего наложенные простои

оборудования вследствие его случайных отказов, оптимизацию загрузки станков.

Для транспортирования заготовок применяются чаще всего рельсовые тележки и индуктивно управляемые тележки. Кроме того, находят применение электрокары, краны и роботы.

### **Вопросы для самостоятельного контроля**

1. За счет чего достигается повышение технологической эффективности в автоматизированном производстве?
2. Дайте определение гибкого производственного модуля (ГПМ) по ГОСТ 26228—85.
3. Какие различные виды организационной структуры могут иметь гибкие производственные системы (ГПС)?
4. По каким признакам классифицируют ГПС? Нарисуйте схему классификации.
5. Какие существуют разновидности ГПС по признаку выпускаемых изделий в соответствии с принципами групповой технологии?
6. Какие элементы включает полный технологический и транспортный цикл изготовления деталей в ГАУ?

## 5. Инструментальное оснащение ГПС

Производительность механообрабатывающего оборудования машиностроительных производств в значительной мере зависит от технического уровня инструментального оснащения, как обеспечивающего возможность сокращения всех составляющих штучно-калькуляционного времени.

Конструкция инструментальной оснастки определяется тем, что его присоединительные поверхности соответствуют, с одной стороны, устройствам автоматической смены инструмента и закрепления инструмента на станке, а с другой – всем многообразным типам и типоразмерам присоединительных поверхностей режущего инструмента. Количество присоединительных поверхностей для закрепления режущего инструмента только на одном многоцелевом станке с ЧПУ может достигать до 200 типоразмеров. Поэтому для этих целей используют унифицированные конструкции. Унификация типов инструментальной оснастки осуществляется путем использования принципа агрегатирования вспомогательного инструмента для взаимозаменяемости агрегатов между типами, моделями и группами станков с ЧПУ.

Повышение эффективности производства изделий машиностроения во многом определяется опережающим развитием инструмента, как одного из основных компонентов технологической системы. С появлением новых режущих (инструментальных) материалов появилась возможность значительно увеличить скорость резания. Поэтому в современной металлообрабатывающей промышленности растет доля станков для высокоскоростной обработки с каждым годом. Станки, предназначенные для высокоскоростной обработки штампов, пресс-форм, сложных изделий авиакосмической промышленности, имеют частоты вращения шпинделя до  $40\,000\text{ мин}^{-1}$ . В связи с этим возникает потребность в новых средствах закрепления инструмента. В первую очередь это необходимо из-за существенного роста центробежных сил.

Большие центробежные силы способны деформировать инструмент, исказить траекторию его движения и даже привести к функциональному отказу технологической системы.

Поэтому разработаны новые средства базирования и закрепления инструмента в шпинделях станков, чтобы исключить указанные потери. В

настоящее время большинством производителей сделан выбор в пользу полых конических хвостовиков HSK.

Для крепления инструмента в шпинделях высокоскоростных станков разработана серия стандартов DIN 69893 на хвостовики с обозначением HSK, что является аббревиатурой немецкого названия Hohlschäfte Kegel (полый конический хвостовик). Стандарты DIN 69893 включают в себя 6 типов хвостовиков 35 типоразмеров (рис. 5.1- 5.3.). В России хвостовики по DIN 69893-1 внедрены в виде ГОСТ Р 51547–2000.

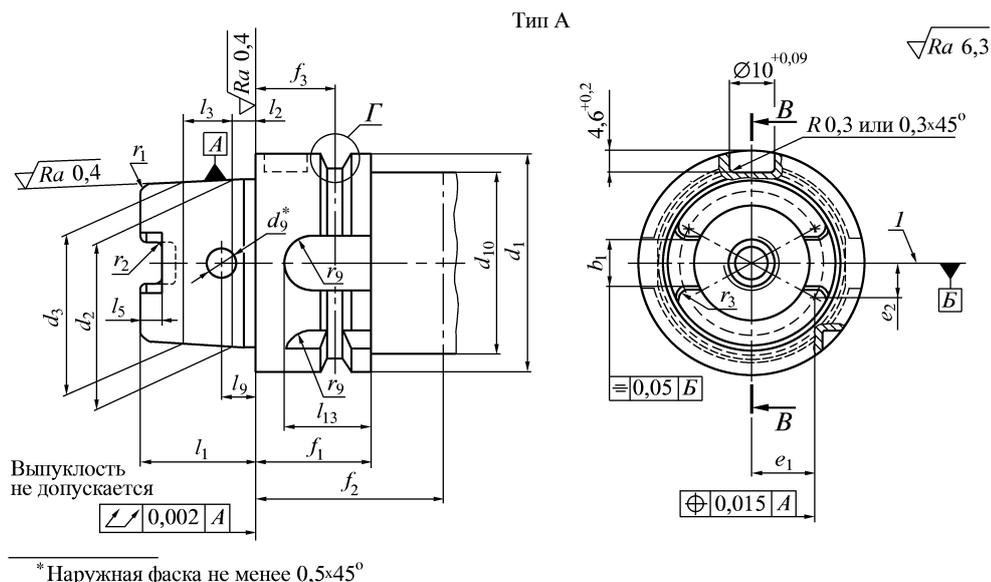


Рис. 5.1. Хвостовики HSK типов А и С

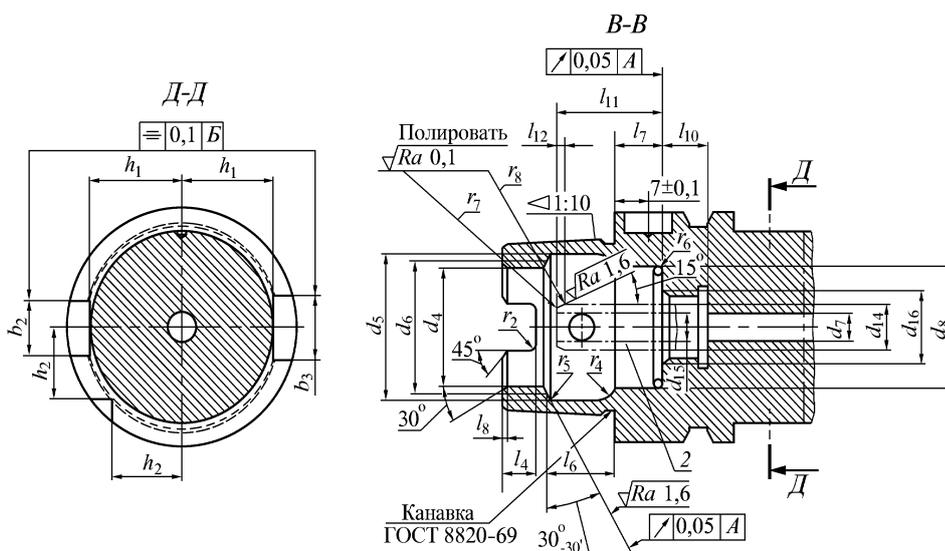


Рис. 5.2. Хвостовики HSK типов В и Д

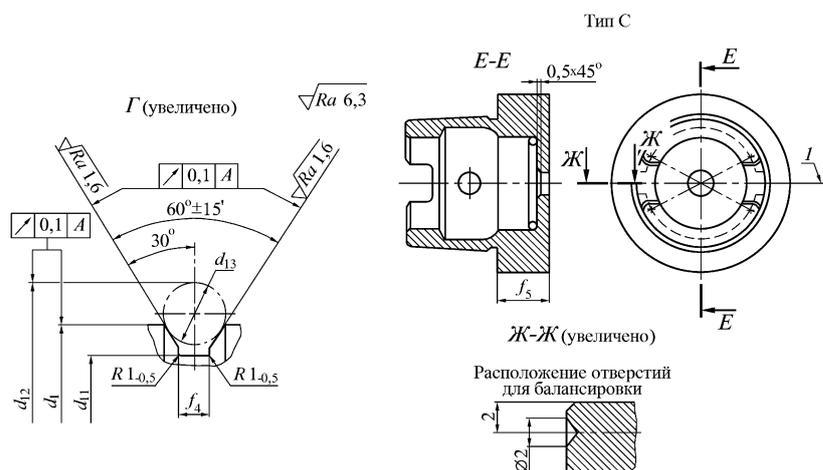


Рис. 5.3. Хвостовики HSK типов E и F.

Для хвостовиков HSK-A установлены следующие предельные значения частот вращения, мин<sup>-1</sup>:

HSK-A32 – до 50 000; HSK-A63 – до 25 000;

HSK-A40 – до 42 000; HSK-A80 – до 20 000;

HSK-A50 – до 30 000; HSK-A100- до 16 000.

В настоящее время стандартизованы хвостовики HSK типов A и C, B и D, E и F.

В большинстве операций высокоскоростной обработки, например колеса турбины компрессора (рис. 5.4) необходим большой вылет режущей части инструмента относительно торца шпинделя.



Рис. 5.4. Колесо турбины компрессора

Так как центробежные силы возрастают с ростом частоты вращения, то на большом вылете при смещении центра масс относительно оси вращения эти силы способны деформировать инструмент и исказить траекторию его движения.

Инструмент с большой массой может вызвать появление осевой составляющей центробежной силы, сопоставимой с силой закрепления

инструмента в шпинделе. Может произойти раскрепление инструмента, нарушение его базирования, потеря жесткости и даже разрушение.

Основные элементы хвостовика HSK (рис. 5.5):

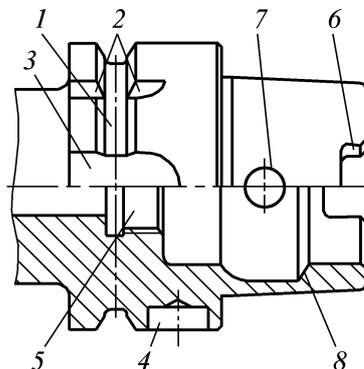


Рис. 5.5. Основные элементы хвостовика HSK:

1 - кольцевая канавка под автооператор; 2 – индексирующая канавка для ориентации инструмента в автооператоре; 3 - шпоночные канавки для шпонок инструментального магазина; 4 - место для расположения кодового элемента; 5 - резьба под втулку для СОЖ; 6 - шпоночные канавки для шпонок внутри шпинделя; 7 - радиальное отверстие для зажимных устройств ручного закрепления; 8 - кольцевая коническая расточка для кулачков зажимного устройства.

Принцип закрепления таких хвостовиков в автоматическом режиме представлен на рис. 5.6

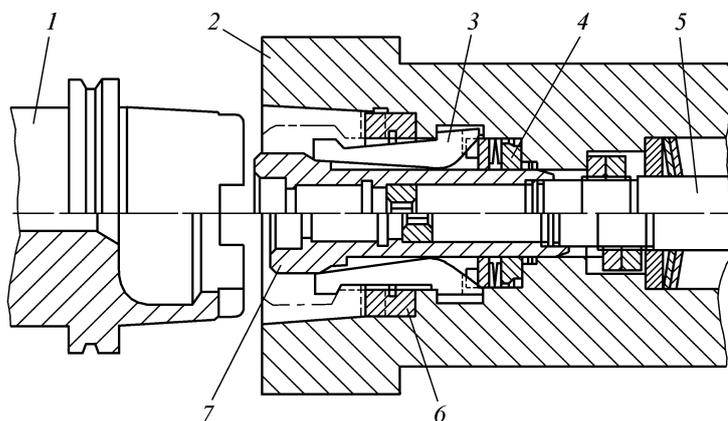


Рис. 5.6. Принцип закрепления хвостовиков HSK

Инструмент 1 с хвостовиком HSK закрепляется кулачками 3 в шпинделе 2 с помощью тяги 5 и подвижной нажимной втулки 7. Возврат кулачков 3 в положение разжима осуществляется пакетом пружин 4. Крутящий момент передается через торец хвостовика шпонками 6. При большой частоте

вращения центробежные силы, действующие на кулачки 3, усиливают эффект закрепления.

Использование хвостовиков HSK позволяет уменьшить вибрации режущей части, что приводит к существенному повышению режимов резания. Так при растачивании стали замена закрепления расточной оправки с конусом 7:24 на закрепление с конусом HSK приводит к возможности повышения скорости резания в 4 раза (рис. 5.7).

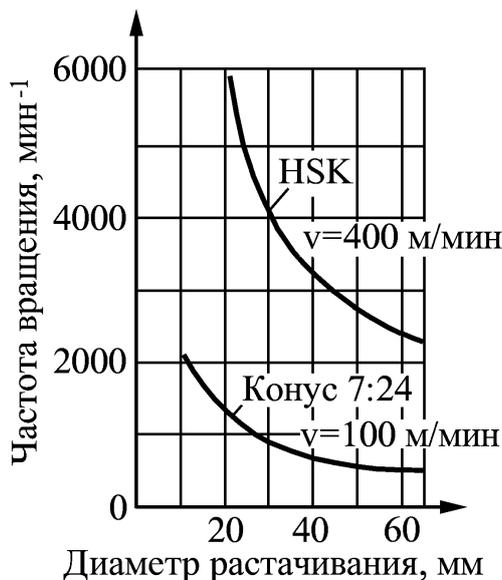


Рис. 5.7. Допускаемые частоты вращения при растачивании стали

При фрезеровании стали твердосплавной концевой четырехзубой фрезой диаметром 16 мм, закрепленной во втулке с хвостовиком с конусом 7:24, обработка может производиться на скорости резания  $v = 60$  м/мин ( $n = 1200$  мин<sup>-1</sup>) и при подаче  $S_m = 500$  мм/мин. Эта же фреза, закрепленная с помощью хвостовика HSK, может работать на скорости  $v = 200$  м/мин и  $S_m = 2000$  мм/мин, имея преимущество в стойкости в 2...3 раза (рис. 5.8).

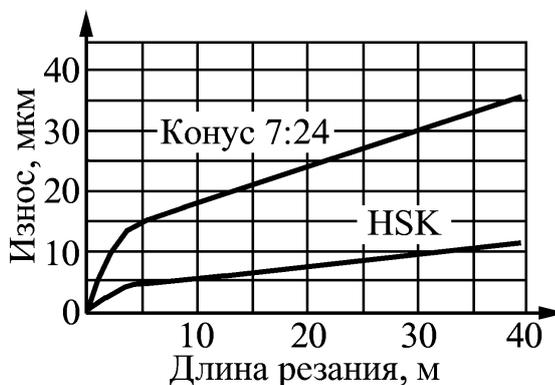


Рис. 5.8. Снижение износа режущей части фрезы

Высокие частоты вращения и небольшие крутящие моменты шпинделей высокоскоростных станков определяют использование инструментов диаметром 2...10 мм с цилиндрическим хвостовиком. Требуемая точность установки таких инструментов обычно лежит в пределах 1...3 мкм на вылетах 50...150 мм.

Радиальная и осевая жесткости являются наиболее важными техническими характеристиками хвостовика инструмента, так как они определяют предел безвибрационной работы. Исследования, выполненные в Аахенском техническом университете (Германия), по сравнению конусов 7:24 и HSK показали, что радиальная жесткость соединения HSK в 5 раз выше, чем у инструмента с хвостовиком с конусом 7:24 при сопоставимых размерах.

Стоимость инструментов с хвостовиками HSK выше, чем инструментов с конусом 7:24, поскольку первые изготавливаются с более жесткими допусками. Измерительные средства, применяемые при изготовлении хвостовиков HSK, как правило, стоят на порядок дороже, чем средства для контроля конусов 7:24.

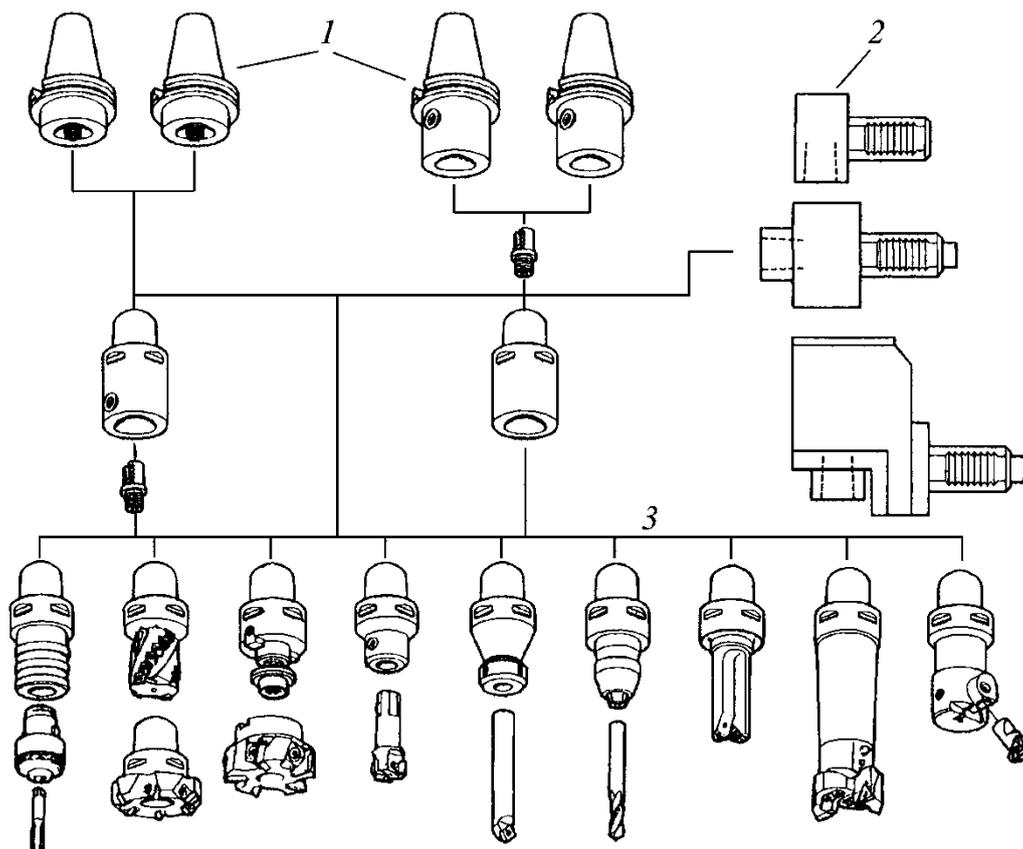
Имеется ряд недостатков хвостовиков HSK по сравнению с хвостовиками с конусом 7:24. Хвостовики HSK требуют значительно более внимательного отношения к чистоте поверхностей хвостовика. Для установки хвостовика в шпиндель необходимо убедиться в отсутствии стружки или других частиц на стыкуемых поверхностях. Загрязнения могут ухудшить как жесткость, так и точность закрепления. Необходимость очистки является прямым следствием перехода к более высоким технологиям обработки.

Однако и с применением новых хвостовиков остается проблема дисбаланса комплектов инструмента, собранных из вспомогательных и режущих инструментов различной конфигурации и состоящих из нескольких деталей.

Актуальным является поиск методов сборки режущего и вспомогательного инструмента в инструментальные комплекты с минимальным количеством деталей и минимальным дисбалансом, что позволяет сократить влияние центробежных сил на точность и устойчивость систем.

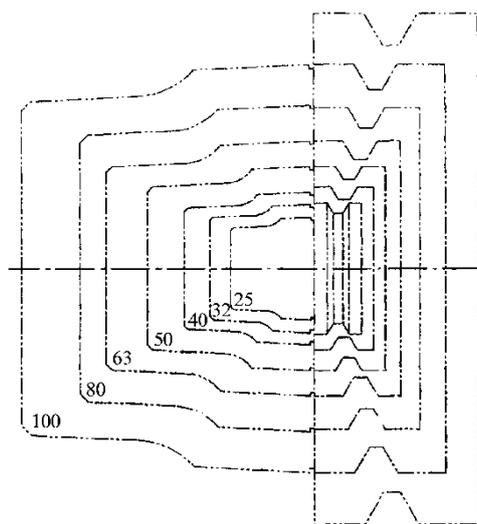
Многие отечественные и зарубежные разработчики предлагают повысить эффективность обработки на высокоскоростном оборудовании за счет использования современных унифицированных конструкций.

Важным преимуществом такого решения является возможность применения одних и тех же конструкций вращающегося инструмента как на токарных, так и на фрезерно-сверлильно-расточных многоцелевых станках (рис. 5.9).



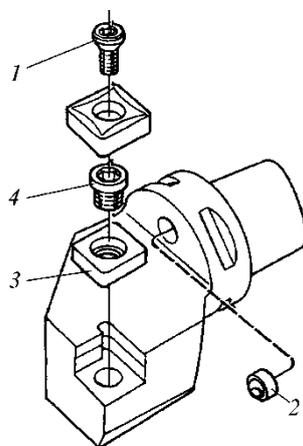
**Рис. 5.9. Универсальная инструментальная оснастка для вращающегося инструмента 3 (патроны 1 и резцедержатели 2)**

В качестве базирующих в специальных конструкциях используют конические хвостовики конусностью 1:10 (угол конуса  $5^{\circ}43'29,3''$ ) с размерами фланца для торцового контакта по нормальному ряду (рис. 5.10).



**Рис. 5.10. Типоразмеры хвостовиков инструмента унифицированных конструкций**

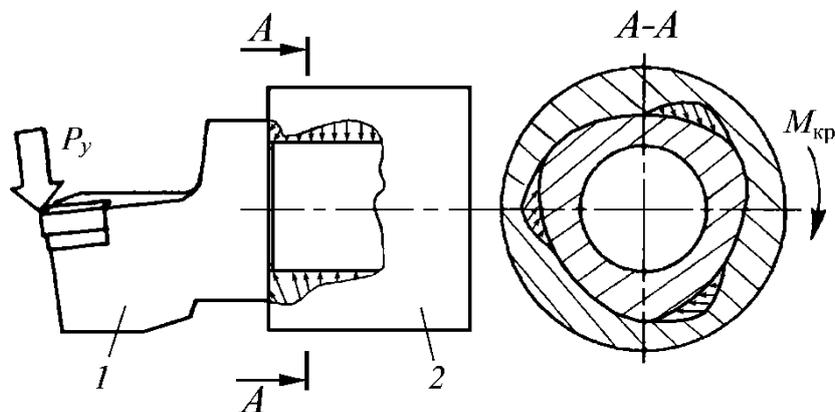
Это приближает эти конструкции к инструментальной оснастке с хвостовиками HSK и обеспечивает дальнейшую унификацию инструмента. Унифицированы конструкции канавочных, расточных и проходных резцов (рис. 5.11), сверл и других инструментов.



**Рис. 5.11. Проходной резец SCLC с пластиной ССМТ с унифицированным хвостовиком: 1 – винт; 2 – втулка для подвода СОЖ; 3 – подкладка; 4 – резьбовая втулка**

Фирма Sandvik Coromant (Швеция) разработала хвостовик «Capto», имеющий в сечении трехгранную форму с радиусными скруглениями (рис. 5.12). Такая форма получила название «ПК-профиль» и отличается от обычных

конусов следующими преимуществами: а) повышенная жесткость и надежность крепления; б) равномерное распределение напряжений при передаче крутящего момента  $M_{кр}$ ; в) более высокая жесткость при нагружении силой резания  $P_y$  при сопоставимой массе.

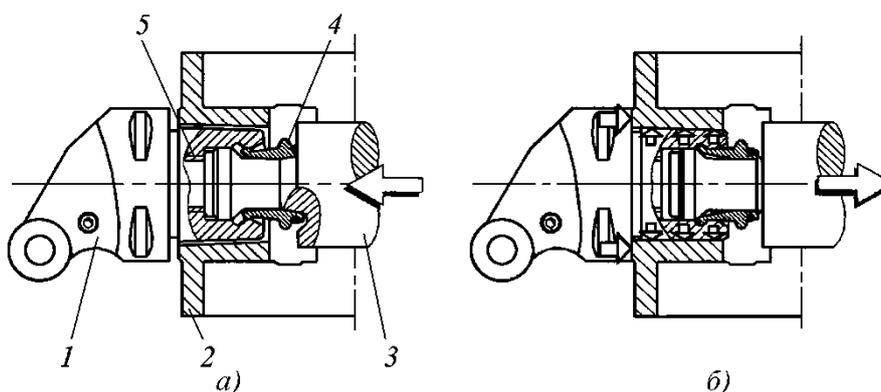


**Рис. 5.12. Соединение «Coromant Capto»:**

*1* – резец; *2* – резцедержатель

Для хвостовиков «Capto» принято кодирование по диаметрам фланцев 32 мм (код С3), 40 мм (код С4), 50 мм (код С5), 63 мм (код С6) и 80 мм (код С8).

Этими хвостовиками резцы *1* и другие инструменты базируются и закрепляются в резцедержателях *2* (рис. 5.13).

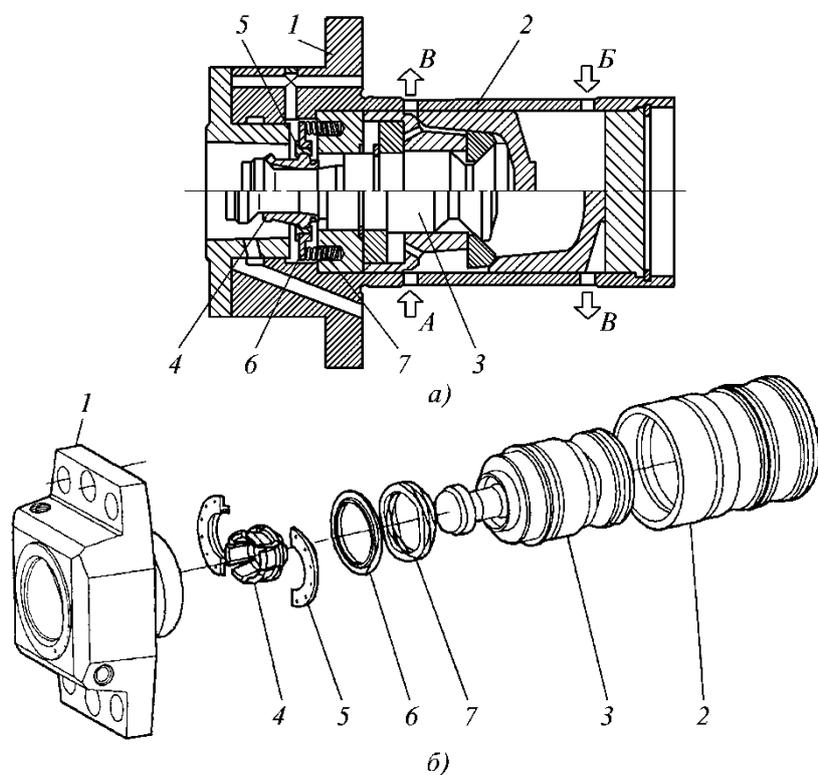


**Рис. 5.13. Закрепление инструмента с хвостовиком «Capto»:**

*1* – резец; *2* – резцедержатель; *3* – тяга; *4* – сегмент; *5* – резьба

На первом этапе закрепления (рис. 5.13, *а*) тяга 3 с сегментами 4 входит в отверстие хвостовика. После перемещения в обратном направлении тяга 3 своей тороидальной поверхностью раздвигает сегменты 4 до их взаимодействия с расточкой специального профиля. Дальнейшее перемещение тяги 3 приводит к упругой деформации хвостовика и к контакту торцовых поверхностей его фланца и резцедержателя (рис. 5.13, *б*). При соединении модулей используется также резьба 5 (рис. 5.13, *а*), в которую вворачивается стягивающий болт.

При автоматической смене используются специальные держатели с гидромеханическим закреплением хвостовиков «Сарто» (рис. 5.14). К фланцу 1, служащему для фиксации держателя в револьверной головке, присоединяется цилиндр 2, в котором размещается тяга 3.



**Рис. 5.14. Гидромеханическое закрепление хвостовиков «Сарто»:**

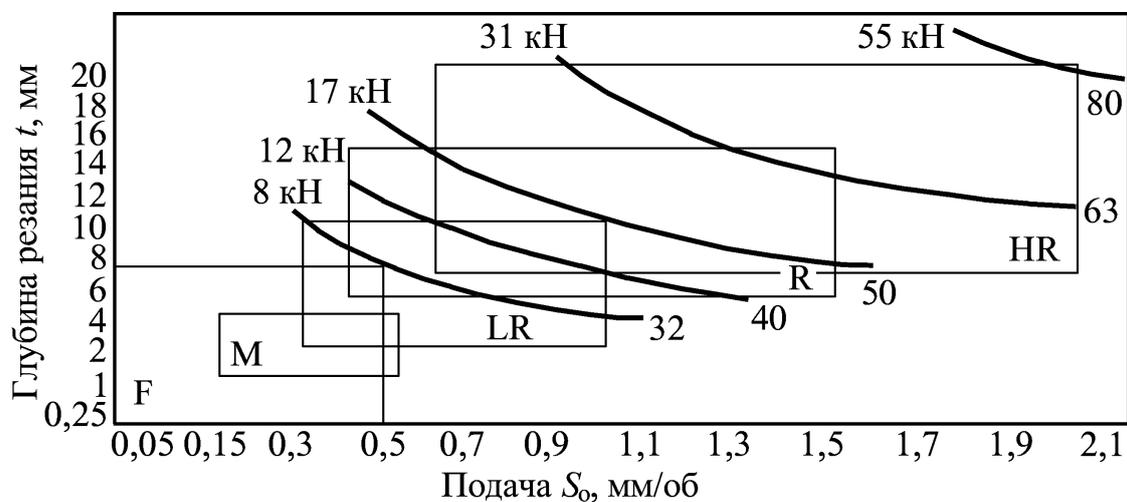
*а* – держатель в сборе; *б* – детали держателя

На тяге 3 с помощью полуколец 5 устанавливаются сегменты 4, подпружиненные кольцом 6 или шестью цилиндрическими, или одной плоской пружиной 7. При подаче масла по стрелке *Б* (рис. 6.18, *а*) тяга 3 с сегментами 4 перемещается в отверстие хвостовика «Сарто», после подачи масла по стрелке

А тяга 3 раздвигает сегменты 4 и закрепляет инструмент. Стрелками В показаны каналы отвода масла.

Для установки инструмента «Согомант Сарто» в шпинделях с конусом HSK станков с ЧПУ фрезерной и сверлильно-расточной групп применяют специальные переходники.

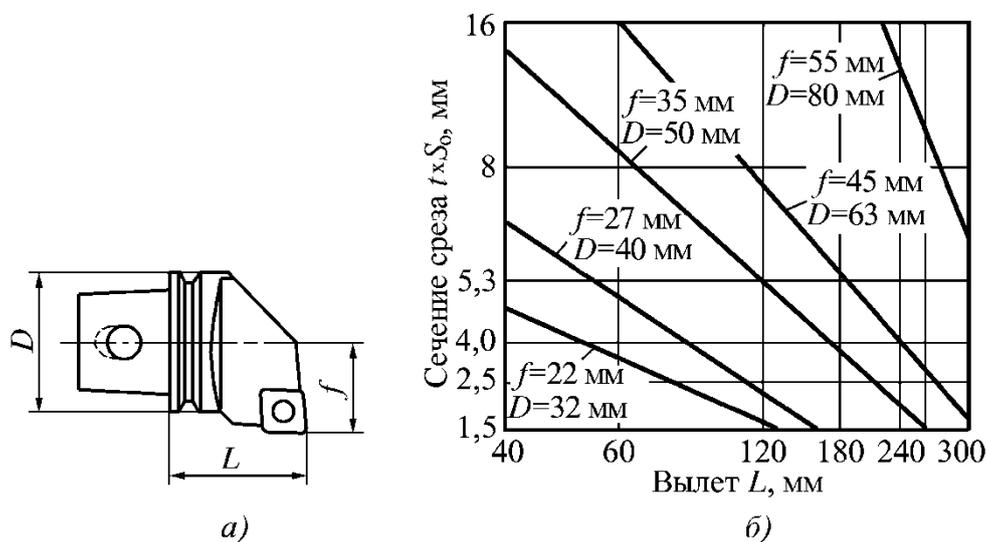
Конструкции унифицированных хвостовиков предназначены для работы в самых различных условиях. На рис. 5.15 показаны характерные области нагрузок для чистовой (F), получистовой (M), легкой черновой (LR), черновой (R) и тяжелой черновой обработки (HR). Для обработки легированных сталей резцами с твердосплавной ромбической СМП с главным углом в плане  $\varphi = 95^\circ$  максимальная тангенциальная сила резания  $P_y$  для хвостовика с размером 32 имеет значение (с запасом на ее рост по мере износа режущей кромки) порядка 8 кН и соответствует  $t = 7,5$  мм и  $S_0 = 0,5$  мм/об. Из рис. 5.15 следует, что инструмент с хвостовиком типоразмера 32 можно без ограничений использовать для чистовой (F) и получистовой (M) обработки. Для легкой черновой обработки (LR) этот инструмент применяется ограниченно.



**Рис. 5.15. Режимы резания и максимально допускаемые силы резания в зависимости от типоразмера хвостовика унифицированной конструкции**

На режимы резания унифицированными инструментами влияет вылет резцов из резцедержателя. На рис. 5.16 показано, как необходимо изменить площадь сечения среза ( $t \times S_0$ ), если по условиям обработки требуется наладка с

удлиненным режущим инструментом. Унификация конструкций инструментальной оснастки для многоцелевых станков различной компоновки позволяет существенно упростить систему инструментального обеспечения машиностроительного предприятия.



**Рис. 5.16. Зависимость сечения среза  $t \times S_0$  от вылета  $L$  инструмента:**

*a* – резец; *б* – диаграмма зависимости

Пути повышения производительности труда и снижения стоимости обработки в технологической системе весьма разнообразны и сложны, в целом они не совпадают с путями повышения точности обработки. Речь идет о проблемах технического и организационного характера, которые включают в себя:

- учет факторов конструирования изготавливаемых изделий (форма, материалы, комплектующие и т.д.);
- организацию труда (в целях исключения потерь рабочего времени, связанных с подготовкой инструмента, транспортировкой деталей, организацией рабочего места и т.п.);
- рационализацию технологии производства (разработку технологического потока, технологического оборудования, его эксплуатацию).

Важным этапом развития машиностроения стало появление гибких производственных систем (ГПС). По определению – это управляемая средствами вычислительной техники совокупность технологического

оборудования, состоящего из разных сочетаний гибких производственных модулей (ГПМ), автоматизированной технологической подготовки производства и системы обеспечения функционирования, обладающая свойством автоматизированной переналадки при изменении программы производства изделий. Принципиальной особенностью таких производств является наличие компоновки компьютерной системы управления, обеспечивающей возможность увязки отдельных производственных функций и задач в единую систему.

Эффект от внедрения ГПС достигается в следующих сферах: а) уменьшение размеров предприятий; б) увеличение коэффициента использования оборудования и снижение накладных расходов; в) значительное уменьшение запасов незавершенного производства; г) сокращение затрат на рабочую силу за счет организации "безлюдного" производства; д) ускорение сменяемости моделей выпускаемой продукции в соответствии с требованиями рынка; е) сокращение сроков поставок продукции и повышение ее качества.

Разработки в данном направлении привели к созданию интегрированной информационной системы предприятий. Информационная интеграция процессов предполагает использования общих баз данных, позволяющих более эффективно решать вопросы раз проектирования изделий, подготовки производства, планирования и управления производством, решения задач материально-технического обеспечения, охватывая все предприятие.

В качестве основного технологического оборудования используют серийные гибкие производственные модули (ГПМ). Главным вариантом работы ГПМ является его функционирование в течение заданного времени без участия оператора после наладки.

ГПМ имеют более высокую стоимость, чем многоцелевые станки универсального назначения, из-за применения средств автоматизации всех элементов циклов обработки партии деталей путем диагностирования и автоматических измерений для значительно большей доли времени эксплуатации без вмешательства оператора. Также удорожает эксплуатацию

рост замен инструментальных комплектов на дублиеры, после их отказа или для профилактики отказа в автоматическом цикле.

Опыт технологической подготовки производственных участков из станков с ЧПУ показал, что для обеспечения обработки с минимальным участием оператора необходимо разработать надежную операционную технологию, учитывающую технические возможности и особенности эксплуатации ГПМ, а также выполнение подготовительно-заключительных работ (подготовку инструмента, оснастки, средств контроля, выявление критериев замены инструмента, методов диагностирования состояния инструмента и определение числа его дублеров).

При построении каждой операции необходимо предусмотреть:

- а) стабилизацию припуска для основных инструментов, участвующих в операции;
- б) облегчение условий врезания и выхода инструмента;
- в) уменьшение нагрузки на инструменты с низкой надежностью;
- г) стабилизацию процесса резания в части стружкообразования;
- д) проектирование переходов, облегчающих предварительную размерную настройку комплектов инструментов;
- е) введение в наладку более прочных инструментов для снятия неравномерного припуска, корки;
- ж) применение мерных, комбинированных инструментов специального назначения, многолезвийных инструментов;
- з) проверку инструментов при настройке операции.

Так, при введении в инструментальную наладку дополнительного инструмента для снятия литейной корки, повышается надежность операции, то есть вероятность безотказной работы от 0,02 до 0,55.

В инструментальный комплект на операцию вводят необходимые инструменты, инструменты-дублиеры и контрольные инструменты (индикаторы контакта). Чистовое растачивание гладких отверстий малого диаметра

целесообразно заменить зенкерованием и развертыванием, как более надежными и точными процессами.

Для увеличения производительности обработки необходимо использовать режущие инструменты, оснащенные твердосплавными сменными многогранными неперетачиваемыми пластинами с износостойким покрытием. На чистовых переходах применяют инструмент с пластинами из режущей керамики. Увеличение надежности обработки этим инструментом достигается за счет специальных технологических приемов (предварительной обработки фасок и др.).

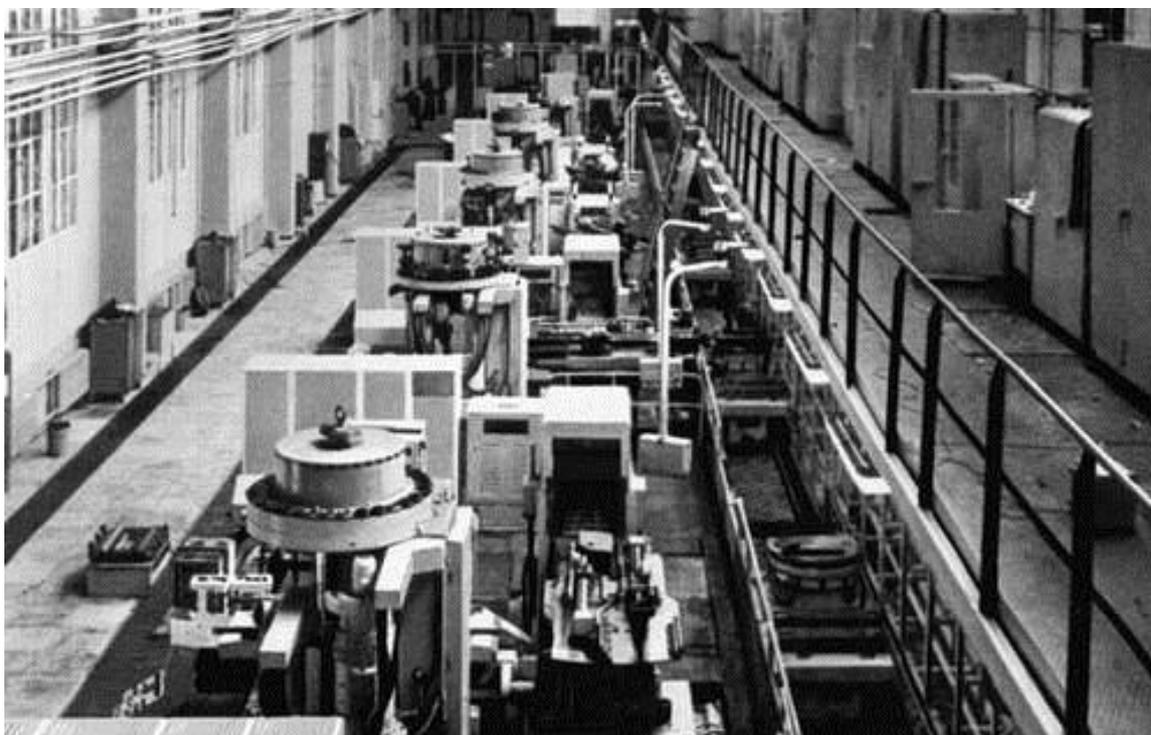
Выполнение автоматических измерений обработанной поверхности в цикле обработки по управляющей программе (УП) для увеличения точности обработки и автоматизации всех приемов работы оператора изменяет приведенную выше последовательность обработки в связи с включением измерительных переходов. Последовательность переходов, частота измерений, значение подналадки инструмента определяются техническими требованиями к обрабатываемым поверхностям, содержанием перехода, инструментом, параметрами обработки.

Важным условием работы ГПМ является его обслуживание в начале первой смены. Оператор просматривает все инструменты, имеющиеся в инструментальном магазине станка, и устанавливает их ресурс времени по счетчикам. Неиспользованные инструменты отправляют на склад или оставляют в магазине станка, если они необходимы для обработки текущей партии деталей. Частично отработавшие свой ресурс инструменты оператор может использовать для работы в первой смене. В конце первой смены оператор оставляет только новые приработанные инструменты.

Если предполагается обрабатывать несколько партий деталей в течение третьей смены, то в инструментальный магазин станки устанавливают рабочие и резервные инструменты, прошедшие приработку и необходимые для обработки всех партий. Приработанные инструменты, включая, дублиры, остаются в инструментальном магазине станка для эксплуатации без оператора.

Число резервных инструментов зависит от загрузки инструментов в операции, параметров распределения стойкости каждого инструмента и вместимости инструментального магазина.

В рамках Государственной научно-технической программы "Технологии, машины и производства будущего" в конце 80-х годов в СССР при участии Экспериментального НИИ металлорежущих станков и ВНИИИНСТРУМЕНТ были реализованы проекты по созданию автоматизированных станочных комплексов АСК-10 (рис. 5.17) и АСВ-21, а на Ивановском станкостроительном производственном объединении "ИСПО" – "Талка-500" (Рис. 5.18)



**Рис. 5.17. Автоматизированный станочный комплекс АСК-10**

Автоматизированный станочный комплекс АСК-10 участок, включал в себя комплекс гибких производственных модулей, автоматизированные склады заготовок, инструмента и приспособлений, транспортную систему на базе робокаров – централизованно управляемых электроприводных тележек. Компьютерные сети использовались для сервисной и технической поддержки снабжения во взаимодействии с предприятиями-поставщиками комплектующих изделий.

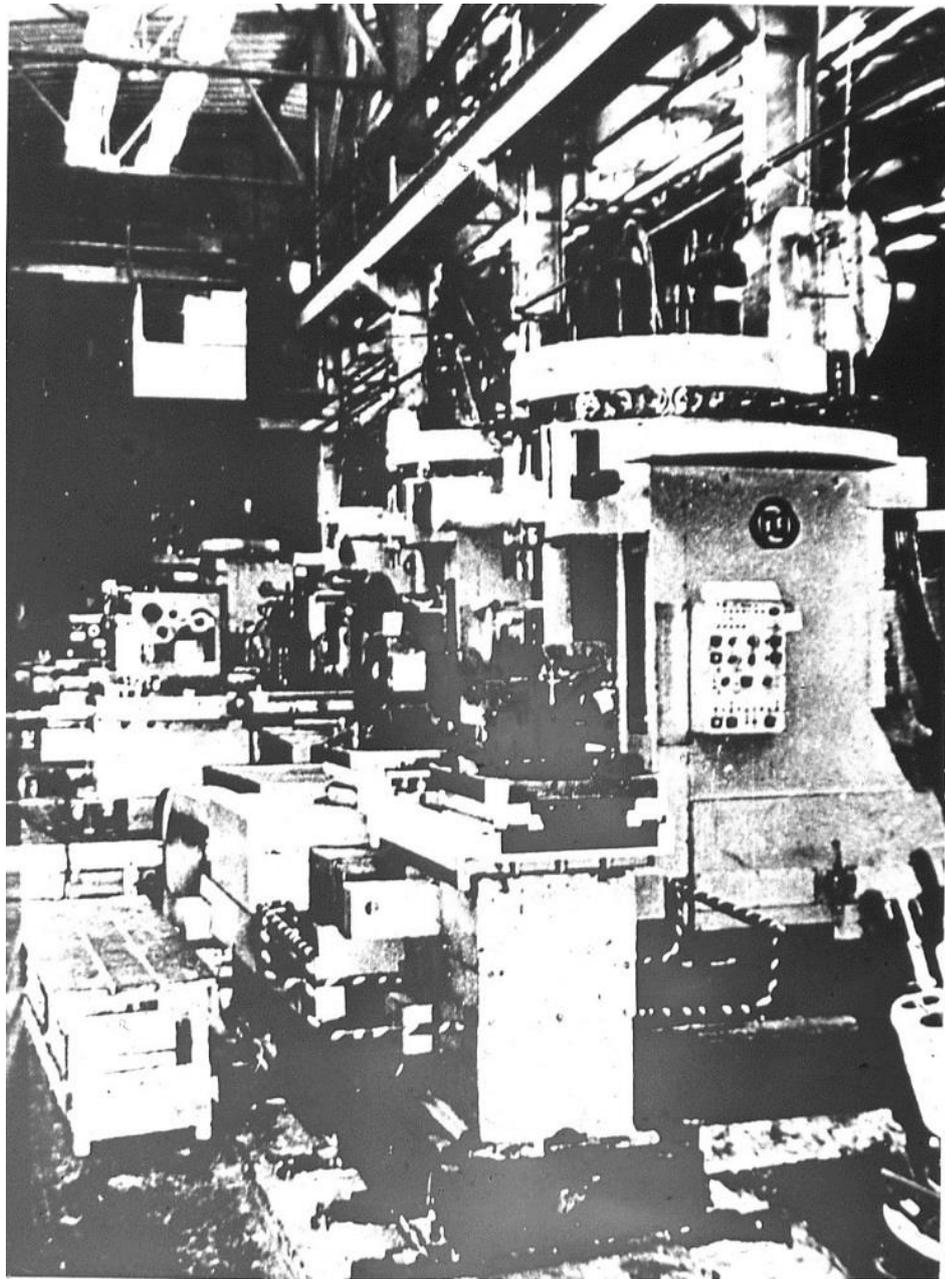


Рис. 5.18. Автоматизированный станочный комплекс "Талка-500"

На рис. 5.19 приведена схема инструнтообеспечения комплекса "Талка-500" специальным вспомогательным инструментом.

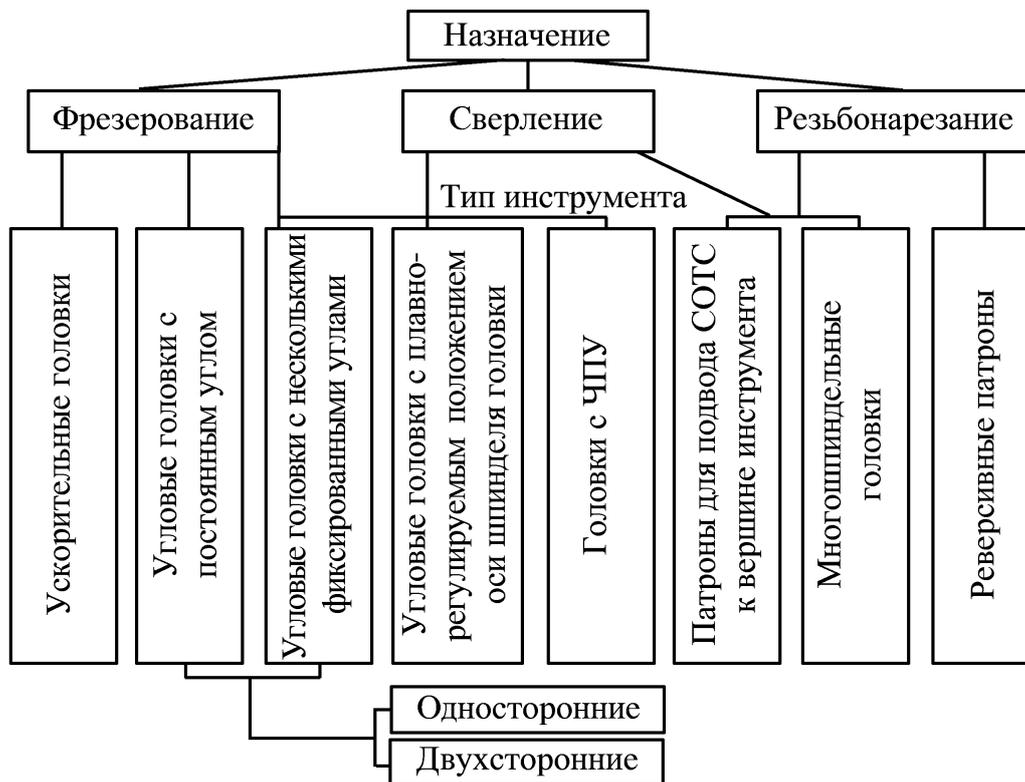


Рис. 5.19. Схема обеспечения АК «Талка-500» специальным инструментом

На специальном участке ГПС выполняется сборка и предварительная настройка инструментальных комплектов, а каждый комплект кодируется для последующего считывания кодов на всех этапах прохождения комплектов инструмента.

Система диагностирования состояния инструмента включает щупы-датчики контроля положения детали, датчики-измерители крутящего момента сил резания в шпинделях и оптические датчики информации о поломке режущей части осевого инструмента.

В состав периферии ГПС входит участок заточки и восстановления инструмента. По результатам осмотра затупленного инструмента и анализа причин его поломок составлялся план мероприятий по совершенствованию конструкций инструмента.

Критериями эффективности гибкой производственной системы из нескольких ГПМ являются: а) снижение затрат по сравнению с действующим производством на отдельно стоящих многоцелевых станках с ЧПУ; б) объем

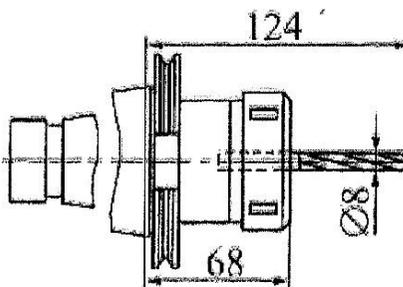
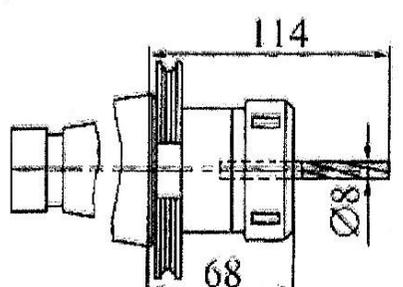
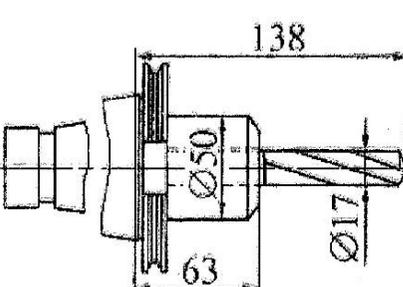
доработки деталей, изготовленных на ГПС, при сборке соответствующих машин или станков.

Примеры инструментальных комплектов, служащие для выполнения конкретных переходов, представлены в табл. 5.1.

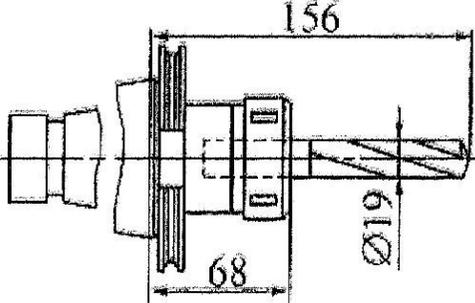
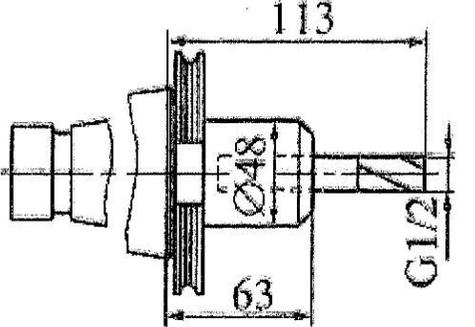
### **Вопросы для самостоятельного контроля**

1. Чем определяется конструкция вспомогательного инструмента и какой принцип используется при его унификации?
2. Какие операции выполняются на специальном участке, входящем в сервисную периферию ГПС?
3. Какие виды датчиков включает система диагностирования состояния инструмента?
4. На основании каких данных составлялся план мероприятий по совершенствованию конструкций инструмента?
5. Перечислите критерии эффективности гибкой производственной системы из нескольких ГПМ.

5.1 Примеры инструментальных комплектов для сверления и фрезерования в ГПС "Талка-500"

№ перехода	Содержание перехода	Режущий инструмент	Вспомогательный инструмент	Схема наладки
1	Сверлить отв. Ø8 мм на глубину 22 мм, выдерживая размер 60 мм от торца бобышки (481 мм от верхнего края корпуса)	Сверло Ø8	Патрон цанговый А1В14 – 40 25 70 Цанга ER25 393.14 – 25 080 Болт захватный 393.140 – 40 М16 - 75	
2	Доработать отв. Ø8 мм до глубины 94 мм от оси корпуса	Фреза концевая Ø8	Патрон цанговый А1В14 – 40 25 70 Цанга ER25 393.14 – 25 080 Болт захватный 393.140 – 40 М16 - 75	
3	Фрезеровать уступ на проход, выдерживая размер 182 мм от нижнего края корпуса	Фреза концевая Ø20	Втулка переходная 6222-4013-32 Болт захватный / 393.140 – 40 М16 - 75	

Продолжение табл. 5.1

№	Содержание перехода	Режущий	Вспомогательный инструмент	Схема наладки
4	Сверлить отв. $\varnothing 19$ мм на проход под резьбу G1/2-А, выдерживая размер 25 мм от верхнего края корпуса	Сверло $\varnothing 19$	Патрон цанговый А1В14 – 40 32 70 Цанга ER32 393.14 – 32 200 Болт захватный 393.140 – 40 M16 - 75	
5	Фрезеровать резьбу G1/2-А на проход	Фреза резьбовая G1/2	Втулка переходная 6222-4013-32 Болт захватный 393.140 – 40 M16 - 75	

## **6. Расчет потребности в режущем инструменте**

Область рационального применения инструментальной оснастки (режущего и вспомогательного инструмента) определяется основными характеристиками каждой конкретной модели станка: тип станка и его назначение; мощность; класс точности; размеры рабочего пространства; конструкция хвостовика инструмента, взаимодействующая с механизмами автоматической, смены и крепления в шпинделе.

Эти характеристики взаимосвязаны с типом обрабатываемых деталей (плоские, коробчатые и т. п.), распределением обрабатываемых поверхностей по видам, размерам и требованиям к точности обработки, что в свою очередь определяет технологический процесс получения готовой детали.

Номенклатура и количество входящего в комплект режущего инструмента для станков с ЧПУ и ГПМ должны обеспечивать наиболее эффективную обработку основной массы типовых деталей. Необоснованное завышение количества заказываемого инструмента приводит к повышению покупной стоимости станка, росту производственных площадей для хранения инструмента, а также увеличению загрузки заводов-изготовителей инструмента.

Комплект режущего инструмента, применяемый практически при обработке каждой детали или наиболее часто встречающихся поверхностей группы деталей, поставляется со станками, и его стоимость входит в стоимость станка. Количество режущего инструмента рассчитывается исходя из выполнения пусконаладочных работ и эксплуатации станка потребителем не менее 6 мес.

Комплект режущего инструмента состоит, как правило, из стандартного централизованно изготавливаемого инструмента. Производство стандартного инструмента осуществляется специализированными фирмами в соответствии с нормативно-технической документацией.

Примеры стандартных конструкций режущего инструмента комплектов показаны на рис. 6.1 и 6.2



Рис. 6.1. Режущий инструмент, применяемый для обработки корпусных деталей



Рис. 6.2. Режущий инструмент, применяемый для обработки деталей типа тел вращения

Выбор типоразмера режущего инструмента осуществляется на основе анализа типовых переходов технологических процессов обработки на станках с ЧПУ. В качестве примера в табл. 6.1 приведена номенклатура диаметров спиральных сверл, необходимых для обработки деталей среднего размера (500 × 500 мм).

### 6.1. Номенклатура диаметров спиральных сверл

Для обработки отверстий под резьбу с крупным шагом	Диаметр резьбы	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24	M27
	Диаметр сверл	5,0	6,8	8,45	10,2	11,9	13,9	15,4	17,4	20,9	23,9
Для обработки отверстий под последующее развертывание	Диаметр развертки	6	7	8	9	10	12	15	16	17	18
	Диаметр сверл	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8	11,8	14,8	15,8	16,8	17,8
Для обработки отверстий под предварительное растачивание	Диаметр расточки	10	12	15	16	17	20	22	24	25	27
	Диаметр сверла	9,2	11,2	14,2	15,2	16,2	18,7	20,7	22,7	23,7	25,7
	Диаметр расточки	28	30	35	40	42	52	62	72	82	88
	Диаметр сверла	26,7	28,0	33,0	38,0	40,0	48,0	57,0	67,0	76,0	80,0
Для обработки отверстий под крепежные детали	Диаметр болта	5	6	8	10	12	14	16	18	20	27
	Диаметр сверла	5,5	6,6	9,0	11,0	13,0	15,0	17,0	20,0	22,0	29,0

Определение требуемого количества режущего инструмента, входящего в комплект, осуществляется на основе данных о трудоемкости обработки соответствующих видов поверхностей и распределении работ по видам обрабатываемых материалов и т. д. (табл. 6.2).

## 6.2. Трудоемкость обработки поверхностей и распределение работ по видам обрабатываемых материалов

Тип деталей, поверхностей и операций	Для деталей, поверхностей и операций, обрабатываемых на станках с ЧПУ, %					
	Многоцелевой станок	Расточный	Сверлильный	Координатно-расточный	Фрезерный	Для объемного фрезерования
Детали различного типа:						
плоские и тела вращения	25	2	92	25	80	70
коробчатые	75	98	8	75	20	30
Вид обработки:						
черновая	20	15	90,1	12	45	55
получистовая	68	75	90,1	36	50	40
чистовая	12	10	9,9	52	5	5
Детали из заготовок различного вида:						
отливки	91	96	18	40	20	50
поковки	-	-	10	30	24	30
прокат	5	-	71,5	25	54	10
сварные	4	4	0,5	5	2	10
Детали из различных материалов:						
чугун	90	96	17	35	18	45
сталь	7	2,5	80	60	77	51
цветные металлы	3	1,5	3	5,0	5	4
Поверхности:						
плоскости, мм:						
до 200	19	5	-	4	24	5
свыше 200	17	20	-	4	5	35
пазы, уступы, выемки, окна, контуры, мм:						
до 40	2	2	-	3	20	5
свыше 40	17	10,5	-	13	32	51
отверстия основные 7-го, 8-го и 9-го квалитетов диаметров, мм:						
до 50	9	8	2,0	31	3	0,5
свыше 50	3	27	-	8,5	1,0	0,5
отверстия резьбовые до 30 мм	21	10	12,2	1,5	8,0	0,5
отверстия вспомогательные диаметром, мм:						
до 50	4	2,5	85,8	17	6,0	0,5
свыше 50	7,9	15	-	18	1,0	2,0
разрезка с $h \leq 5$ мм	0,1	-	-	-	-	-

Количество инструмента или режущих кромок (для инструмента с механическим креплением режущих пластин)  $n_p$ , необходимое для работы станка в течение расчетного периода, определяется по следующей зависимости:

$$n_p = \frac{T_{\text{инстр}} \cdot k_V \cdot k_H}{T \cdot n \cdot k_n}, \quad (6.1)$$

где  $T_{\text{инстр}}$  - суммарное машинное время работы инструмента за расчетный период или трудоемкость обработки инструментом данного типа или типоразмера за расчетный период эксплуатации;

$T$  - стойкость инструмента с учетом вероятностной природы износа инструмента и разброса стойкости;

$n$  - число переточек режущего инструмента или число граней режущих пластин;

$k_n$  - коэффициент использования режущих кромок ( $k_n = 0,7$ );

$k_V$  - коэффициент, учитывающий случайный выход инструмента или его убыль ( $k_V = 1,2 \dots 1,25$ );

$k_H$  - коэффициент, учитывающий недоиспользование инструмента (снятие при переналадке и замене  $k_H = 1,2$ ).

$$T = T_{\text{ср}}(1 - k_p V), \quad (6.2)$$

где  $T_{\text{ср}}$  — принятая экономическая средняя стойкость инструмента данного типоразмера;

$V$  — коэффициент вариации ( $V = 0,1 \dots 0,3$ );

$k_p$  — квантиль нормального распределения (при вероятности  $\rho = 0,9$   $k_p = 1,282$ ; при  $\rho = 0,95$   $k_p = 1,6$ ).

Рассчитанное количество инструмента  $n_p$  увеличивается до целых единиц; его минимальное количество в комплекте должно быть не менее двух с

учетом того, что один инструмент устанавливается на станке, а другой - находится в процессе наладки и настройки вне станка.

Пример. Определить количество сверл диаметром 8 мм из стали Р6М5, применяемых для сверления отверстия на глубину 22 мм в станине из чугуна СЧ18-32 с  $T_{инстр} = 2$  часа 37 минут за период 3 месяца (122 рабочих смены) при условиях:

- число переточек сверла  $n = 5$ ;
- коэффициент использования режущих кромок  $k_n = 0,7$ ;
- коэффициент, учитывающий случайную поломку сверла  $k_V = 1,2$ ;
- коэффициент, учитывающий досрочную замену сверла при переналадке станка  $k_H = 1,2$ ;
- средняя стойкость сверла диаметром 8 мм из стали Р6М5  $T_{cp} = 15$  минут;
- коэффициент вариации  $V = 0,3$ ;
- квантиль нормального распределения  $k_p = 1,282$  при вероятности  $p = 0,9$ .

Решение. Потребуется  $n_p = \frac{T_{инстр} \cdot k_V \cdot k_H}{T \cdot n \cdot k_n} = \frac{157 \cdot 1,2 \cdot 1,2}{15 \cdot (1 - 1,282 \cdot 0,3)} =$

$226,08/9,23 = 24,49$  штук. После округления получается, что на 3 месяца эксплуатации потребуется 25 сверл диаметром 8 мм из стали Р6М5 средней серии по ГОСТ 10902-77.

Вспомогательный инструмент, входящий в комплект, должен обеспечивать закрепление всех типоразмеров режущего инструмента данного комплекта.

Конструкции вспомогательного инструмента, входящего в нормативный комплект, унифицируют на базе международных стандартов на основные размеры хвостовиков инструментов для станков с ЧПУ. Для нормативного комплекта из состава вспомогательного инструмента, предусмотренного

системой вспомогательного инструмента, выбирают необходимые конструкции и типоразмеры (рис. 6.3).

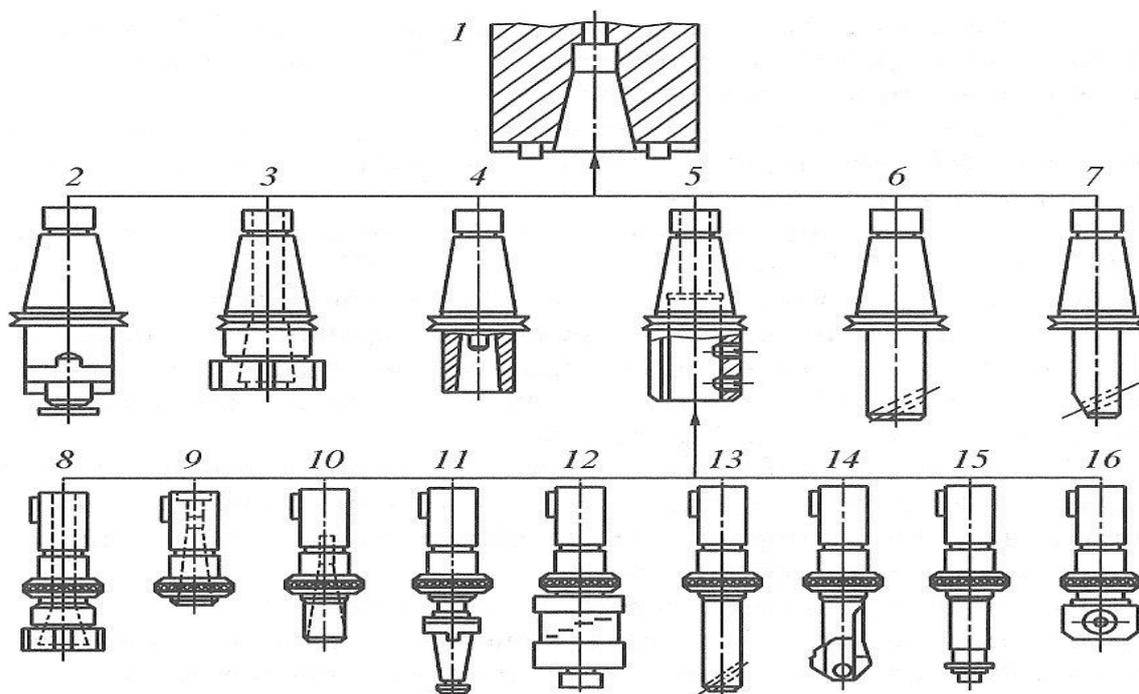


Рис. 6.3. Система вспомогательного инструмента для сверлильно-фрезерно-расточных ГПМ:

1 – конец шпинделя; 2 – оправка для насадных фрез с поперечной шпонкой; 3 – патрон цанговый с диапазоном зажима 20-40 мм; 4 – втулка переходная для концевых фрез с конусом Морзе с резьбовым отверстием; 5 – базисный агрегат для сменных наладок (патронов, втулок и оправок); 6 – оправка расточная для черного растачивания отверстий; 7 – оправка расточная для чистового растачивания; 8 – патрон регулируемый цанговый с диапазоном зажима 5-25 мм; 9 – втулка регулируемая с внутренним конусом Морзе; 10 – втулка регулируемая длинная с внутренним конусом Морзе; 11 – оправка регулируемая для насадных зенкеров и разверток; 12 – патрон регулируемый резьбонарезной; 13 – оправка регулируемая для черного растачивания; 14 – оправка регулируемая для крепления пластин перовых сверл; 15 – оправка регулируемая для дисковых фрез; 16 – патрон расточной регулируемый.

Базисный агрегат (поз. 5 на рис. 6.3) с цилиндрическим отверстием диаметром 36 и 46 мм предназначен для установки и закрепления сменных наладок (втулок, оправок и патронов) с цилиндрическими хвостовиками диаметром 36 и 48 мм.

Например, путем сборки базисного агрегата со сменной наладкой «Втулка переходная цилиндрическая диаметром 36 мм короткая» (поз. 9 на рис. 6.3), предназначенной для закрепления инструмента с конусом Морзе 2 с лапкой, образуется сборная втулка (рис. 6.4). После установки в ней сверла создается соответствующий инструментальный комплект.

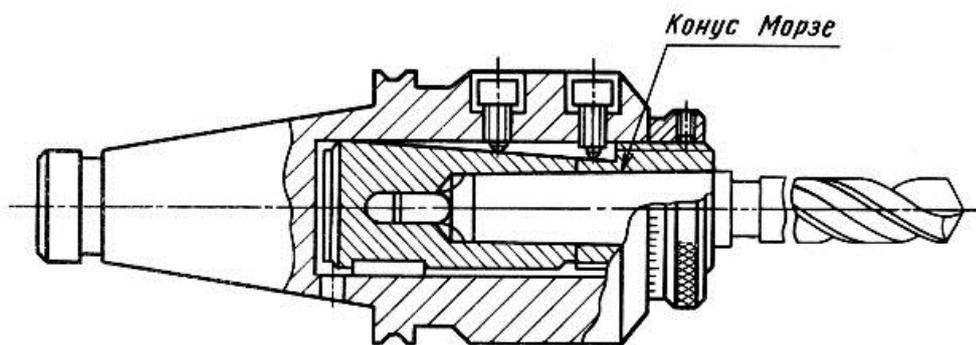


Рис. 6.4. Сборная втулка с установленным сверлом с конусом Морзе

### Вопросы для самостоятельного контроля

1. На основе каких сведений осуществляется выбор типоразмера режущего инструмента?
2. На основе каких сведений определяют требуемое количество режущего инструмента, входящего в оснастку ГАУ?
3. По какой зависимости определяется количество инструмента или режущих кромок (для инструмента с механическим креплением режущих пластин), необходимое для работы станка в течение расчетного периода,
4. Что должен обеспечивать вспомогательный инструмент, входящий в заданный комплект инструмента?
5. Для чего предназначен базисный агрегат инструментальной системы из унифицированного вспомогательного инструмента?

## 7. Расчет потребности во вспомогательном инструменте

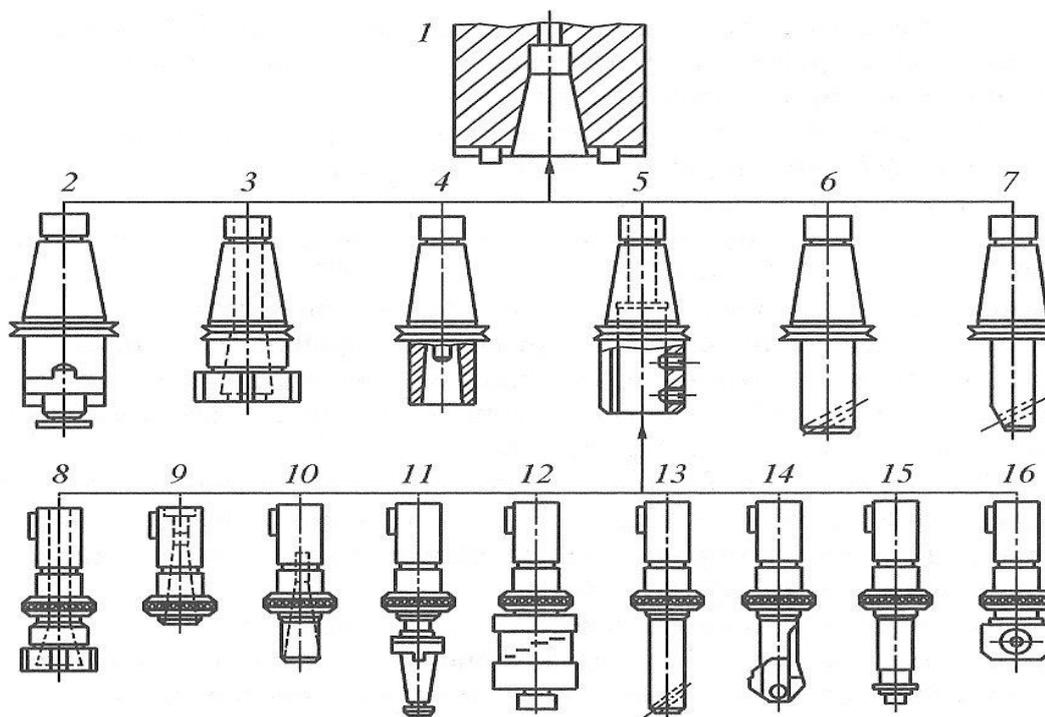


Рис. 7.1. Система вспомогательного инструмента

Входящий в систему (рис. 7.1) вспомогательный инструмент условно подразделяют на три группы:

одноразмерный (поз. 2) - для закрепления режущего инструмента одного размера, одного или нескольких типов;

многомерный (поз. 4; 11; 12) - для закрепления режущего инструмента одного типа, нескольких последовательно расположенных размеров;

многотипоразмерный (поз. 5) - для закрепления режущего инструмента разных типов, нескольких последовательно расположенных размеров.

От принадлежности к той или иной группе зависит способ расчета количества вспомогательного инструмента каждого типоразмера в инструментальной системе станка или ГПС. При этом соблюдаются следующие положения:

количество вспомогательного инструмента рассчитывается с учетом потерь от повреждений и износа присоединительных поверхностей;

для обеспечения минимальных потерь времени на замену вышедшего из строя вспомогательного инструмента на участок подготовки инструмента к работе и сборки его в инструментальные комплекты поставляется удвоенное количество вспомогательного инструмента;

каждый комплект инструмента для растачивания предварительно настраивают на размеры обработки, а у остальных проверяют осевые размеры и действительные размеры фиксируют в коде комплекта;

номенклатура вспомогательного инструмента должна обеспечивать закрепление всего режущего инструмента, входящего в инструментальную систему станка или ГПС;

количество многомерного вспомогательного инструмента зависит от количества размеров режущего инструмента, необходимого для обработки детали на станке, в пределах диапазона, определяемого присоединительной поверхностью вспомогательного инструмента.

Как показал опыт реализации технологических операций обработки сложных корпусных деталей, для некоторых видов режущего инструмента (центровки, зенковки, фрезы концевые и торцовые) необходимо дополнительное увеличение количества вспомогательного инструмента.

Поэтому общее количество одномерного вспомогательного инструмента и многомерного вспомогательного инструмента для зенковок, центровок, концевых и торцовых фрез подсчитывается по формуле

$$N_2 = k_3 k_k c, \quad (7.1)$$

Для остального многомерного вспомогательного инструмента

$$N_3 = k_3 k_k n, \quad (7.2)$$

Для многотипоразмерного вспомогательного инструмента

$$N_4 = k_3 k_k (c + \sum_i^m n_i), \quad (7.3)$$

где  $k_k$  - коэффициент, учитывающий комплектность инструмента с учетом предварительной настройки ( $k_k = 2$ );

$k_3$  — коэффициент запаса, учитывающий поломки и ремонт инструмента ( $k_3 = 1,25$ );

$n$  — количество размеров режущего инструмента, закрепляемого во вспомогательном инструменте одного размера;

$c$  — количество типов режущего инструмента, закрепляемого во вспомогательном инструменте данного типоразмера;

$m$  — количество типов режущего инструмента.

Количество необходимых инструментальных комплектов рассчитывают путем сопоставления повторяющихся базисных агрегатов и сменных наладок.

В табл. 7.1 приведен пример количества вспомогательного инструмента, устанавливаемого в магазине ГПМ, входящего в состав ГПС АСК-10. Такое же количество этого вспомогательного инструмента находится на участке подготовки инструмента к работе и сборки его в инструментальные комплекты.

Как следует из примера для бесперебойного оснащения и эксплуатации ГПМ необходимы: а) базисных агрегатов (державок) по поз. 5 на рис. 7.1 – 44 шт.; б) сменных наладок (поз. 8, 9, 10, 11, 12, 16) – 44 шт.; в) оправок для торцовых фрез (поз. 2) – 4 шт.; г) цанговых патронов (поз. 3) – 28 шт.

Изложенные методы расчета позволяют:

- определить потребность в стандартном вспомогательном инструменте для станков с ЧПУ, поставляемых станкостроением в различные отрасли машиностроения;

- разработать нормативные комплекты инструмента режущего и вспомогательного инструмента;

- определить номенклатуру для эффективного производства вспомогательного инструмента на инструментальных заводах;

- осуществить регулярные поставки нормативных комплектов режущего и вспомогательного инструмента заводам, эксплуатирующим станки с ЧПУ;

- снизить затраты на инструментообеспечение.

**7.1. Пример количества вспомогательного инструмента,  
устанавливаемого в магазин ГПМ**

Наименование перехода операции	Кол-во режущего инструмента, шт.	Количество вспомогательного инструмента по типам			
		Втулка с конусом Морзе	Патрон цанговый	Оправка	Державка
Зацентровка отверстий	3	-	2 (цанговые)	-	-
Сверление под резьбы М6—М16	3	2	1 (цанговый)	-	2
Сверление под резьбы М16 - М27	2	2	-	-	2
Сверление под крепежные детали	3	2	1 (цанговый)	-	2
Сверление под предварительное растачивание отверстий диаметром 6 ... 30 мм	3	2	1 (цанговые)	-	2
Зенкование фасок под углом 90°	1	1	-	-	1
Зенкование цилиндрических отверстий под головки болтов	2	-	1 (цанговый)	-	2
Развертывание отверстий диаметром 6 ... 30 мм	2	1	1 (цанговый)	-	1
Нарезание резьб М6 -М16	3	-	3 (резьбо-нарезные)	-	3
Нарезание резьб М16 -М27	2	-	2 (резьбо-нарезные)	-	2
Развертывание отверстий диаметром 32 ... 50 мм	2	-	-	2	2
Растачивание отверстий диаметром 5 ... 45 мм	3	-	3 (расточные)	-	3
Растачивание отверстий диаметром 50 ... 90 мм	3	-		3	3
Фрезерование фрезами диаметром 5... 20 мм с цилиндрическим хвостовиком	3	-	3 (цанговые)	-	-
Фрезерование фрезами диаметром 25... 50 мм с цилиндрическим хвостовиком	3	-	4 (цанговые)	-	-
Фрезерование торцовыми фрезами	2	-	-	3	-
<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>10</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>22</b>

## Вопросы для самостоятельного контроля

1. На какие три группы условно подразделяют входящий в систему вспомогательный инструмент?
2. По какой формуле подсчитывается общее количество одноразмерного вспомогательного инструмента?
3. По какой формуле подсчитывается общее количество многоразмерного (кроме закрепления зенковок, центровок, концевых и торцовых фрез) вспомогательного инструмента?
4. По какой формуле подсчитывается общее количество многотипоразмерного вспомогательного инструмента?
5. Как рассчитывают количество необходимых инструментальных комплектов?

## 8. Выбор элементов инструментальной системы

### 8.1. Состав инструментальной системы

Инструментальная система для станка включает режущий и вспомогательный инструмент (пример приведен в табл. 8.1 и 8.2).

Для закрепления инструмента с гладким цилиндрическим хвостовиком служат цанговые патроны, показанные на рис. 8.1. (поз.1 и 2 в табл. 8.2) и патроны для крепления винтами специальных хвостовиков с лысками типа Weldon (поз. 2 и 4 в табл. 8.2), которые приведены на рис. 8.2.



Рис. 8.1. Цанговые патроны: 1 - цанги ER25; 2, 3 - цанговые патроны ER25; 4 - цанговые патрон в сборе; 5,6 - цанговые патроны ER32; 7- цанги ER32.

Крепление торцевых фрез со сменными режущими пластинами производится на специальных оправках (поз. 20-22 в табл. 8.2.). На закрепленной торцевой фрезе возможно заменять изношенные режущие кромки на новые путем поворота сменных режущих пластин после их раскрепления с помощью специальных ключей ( см. рис. 8.3). Крепление типа S по стандарту ИСО 909 5910 сменных режущих пластин осуществляется специальными винтами по схеме на рис. 8.5.



Рис. 8.2. Патроны типа Weldon: 1 - с креплением одним винтом; 2 - с креплением двумя винтами; 3 - фрезы со специальными хвостовиками.



Рис. 8.3. Крепление торцевых фрез на оправках и сменных режущих пластин в корпусах фрез: 1 - оправка с торцевой фрезой с круглыми пластинами; 2 - оправка с торцевой фрезой для обработки уступов; 3 - оправка с торцевой фрезой с квадратными пластинами; 4 - тубы со смазкой; 5 - кассеты со сменными режущими пластинами; 7,8 - ключи для винтов, закрепляющих пластины; 9 - ключи для оправок.



Рис. 8.4. Набор для замены сменных режущих пластин специальным, ключом и смазка для винта, закрепляющего пластину

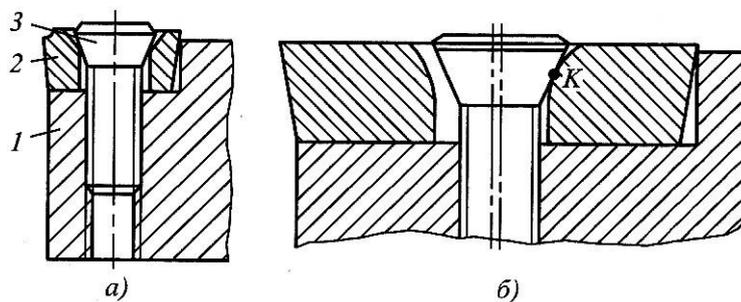


Рис. 8.5. Крепление сменных режущих пластин с центральным фасонным (параболоидным) отверстием винтом (тип S): а) 1 – корпус; 2 – режущая пластина; 3 – крепежный винт; б) схема крепления

Сменные режущие пластины как правило имеют задний угол  $\alpha = 7^\circ$ , центральное отверстие представляет собой параболоид, переходящий в цилиндр (рис. 4.6, б). Крепежный винт имеет коническую головку с углом конуса  $50^\circ$ , гнездо под ключ в головке винта выполнено в форме звездочки (гнездо «торкс»), что позволяет повысить надежность закрепления режущей пластины за счет увеличения крутящего момента по сравнению с крутящим моментом, создаваемым в обычном шестигранном гнезде. Ось отверстия под винт в корпусе фрезы смещена относительно оси отверстия в пластине в сторону боковых поверхностей гнезда под пластину в корпусе фрезы. Вследствие этого при завинчивании коническая головка винта перемещается по параболоидной поверхности отверстия в режущей пластине до точки контакта «К» (см. рис. 4.6, б) и надежно прижимает ее к опорной и боковым поверхностям гнезда под пластину в корпусе фрезы.

Для закрепления собранных наладок из режущего и вспомогательного инструмента в шпинделе станка в хвостовую часть вспомогательного инструмента вворачиваются захватные болты (поз.29 в табл. 8.2. и рис. 8.6).



Рис. 8.6. Захватный болт

## 8.2. Назначение режимов резания.

При проведении стойкостных испытаний, изучении динамики процессов резания и т.п. можно руководствоваться ориентировочными режимами резания, указанными в табл. 8.3...8.5.

### 8.1. Режущий инструмент

№ № п.п.	Наименование (обозначение)	Эскиз	Основные размеры, мм	Изготовитель
1	2	3	4	5
<b>Концевые фрезы твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком</b>				
1	Концевая фреза D = 6 мм твердосплавная с цилиндрическим хвостовиком для получистового фрезерования материалов с твердостью до HRC 48 Маркировка: R216.34-06050-AK13P		$d_{m_m} = 6$ Число зубьев : $z_n = 4$ $l_2 = 65$ Глубина резания не более $a_p = 13,0$ $l_3 = 16$	Sandvik Coromant
2	Концевая фреза D = 8 мм твердосплавная с цилиндрическим хвостовиком для получистового фрезерования материалов с твердостью до HRC 48 Маркировка: R216.34-08050-AK19P	См. рис. к п. 1	$d_{m_m} = 8$ Число зубьев : $z_n = 4$ $l_2 = 80$ Глубина резания не более $a_{p,1} = 19,0$ $l_3 = 22$	Sandvik Coromant

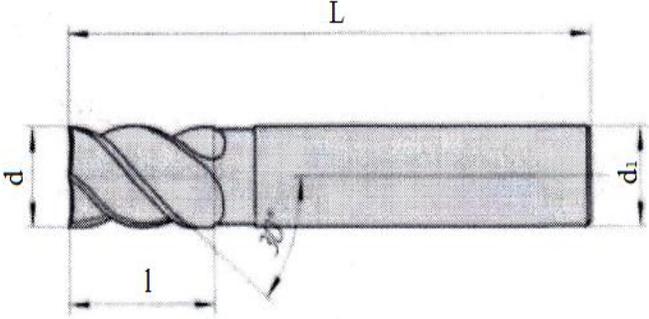
Продолжение табл. 8.1

1	2	3	4	5
3	Концевая фреза $D = 10$ мм твердосплавная с цилиндрическим хвостовиком для получистового фрезерования материалов с твердостью до HRC 48 Маркировка: R216.34-10050-AK22P	См. рис. к п. 1	$d_{m_m} = 10$ Число зубьев : $z_n = 4$ $l_2 = 100$ Глубина резания не более $a_p = 22,0$ $l_3 = 26$	Sandvik Coromant
4	Концевая фреза $D = 12$ мм твердосплавная с цилиндрическим хвостовиком для получистового фрезерования материалов с твердостью до HRC 48 Маркировка: R216.34-12050-AK26P	См. рис. к п. 1	$d_{m_m} = 12$ Число зубьев : $z_n = 4$ $l_2 = 100$ Глубина резания не более $a_p = 26,0$ $l_3 = 31$	Sandvik Coromant

Продолжение табл. 8.1

1	2	3	4	5
5	Концевая фреза $D = 14$ мм твердосплавная с цилиндрическим хвостовиком для получистового фрезерования материалов с твердостью до HRC 48 Маркировка: R216.34-14050-AK26P	См. рис. к п. 1	$d_{m_m} = 14$ Число зубьев : $z_n = 4$ $l_2 = 104$ Глубина резания не более $a_p = 26,0$ $l_3 = 31$	Sandvik Coromant
6	Концевая фреза $D = 16$ мм твердосплавная с цилиндрическим хвостовиком для получистового фрезерования материалов с твердостью до HRC 48 Маркировка: R216.34-16050-AK32P	См. рис. к п. 1	$d_{m_m} = 16$ Число зубьев : $z_n = 4$ $l_2 = 100$ Глубина резания не более $a_p = 32,0$ $l_3 = 39$	Sandvik Coromant

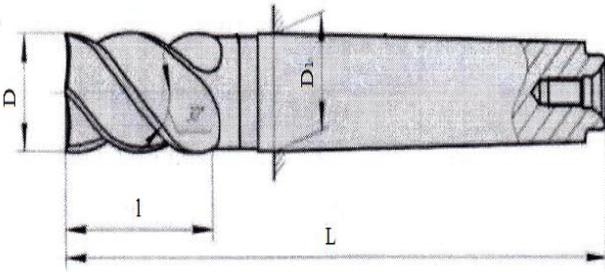
Продолжение табл. 8.1

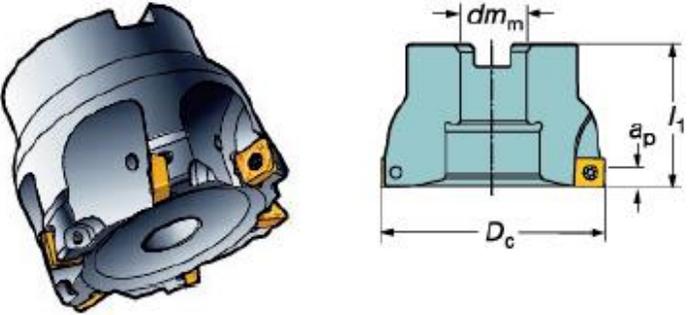
1	2	3	4	5
<i>Концевые фрезы быстрорежущие с цилиндрическим хвостовиком</i>				
7	Концевая фреза быстрорежущая с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17025-71 Маркировка: 2220-4081		$d = 5,0$ $L = 47$ $l = 13$ $z = 4$ $d_1(h8) = 5,0$	Оршанский инструмен- тальный завод
8	Концевая фреза быстрорежущая с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17025-71 Маркировка: 2220-4081-01	См. рис. к п. 7	$d = 6,0$ $L = 57$ $l = 13$ $z = 4$ $d_1(h8) = 6,0$	Оршанский инструмен- тальный завод
9	Концевая фреза быстрорежущая с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17025-71 Маркировка: 2220-4081-03	См. рис. к п. 7	$d = 8,0$ $L = 63$ $l = 19$ $z = 4$ $d_1(h8) = 8,0$	Оршанский инструмен- тальный завод

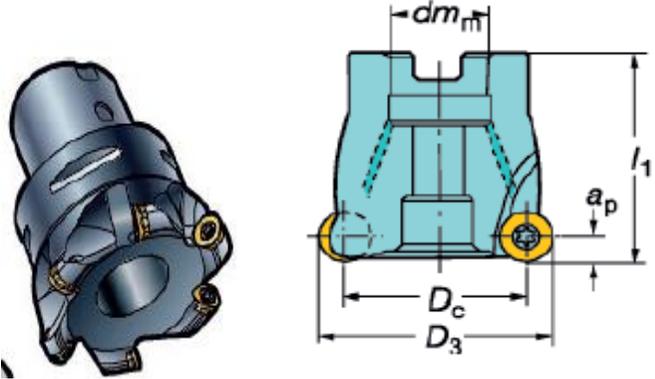
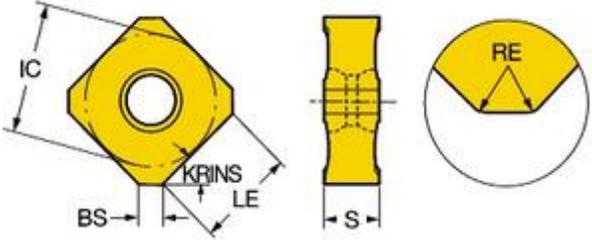
Продолжение табл. 8.1

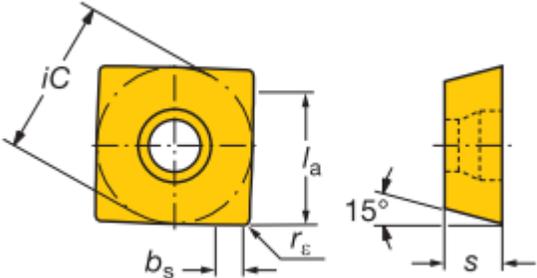
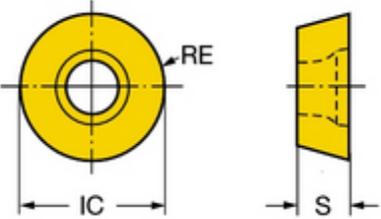
1	2	3	4	5
10	Концевая фреза быстрорежущая с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17025-71 Маркировка: 2220-4081-05	См. рис. к п. 7	$d = 10,0$ $L = 72$ $l = 22$ $z = 4$ $d_1(h8) = 10,0$	Оршанский инструмен- тальный завод
11	Концевая фреза быстрорежущая с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17025-71 Маркировка: 2220-4081-07	См. рис. к п. 7	$d = 12,0$ $L = 83$ $l = 26$ $z = 5$ $d_1(h8) = 12,0$	Оршанский инструмен- тальный завод
12	Концевая фреза быстрорежущая с цилиндрическим хвостовиком по ГОСТ 17025-71 Маркировка: 2220-4081-09	См. рис. к п. 7	$d = 16,0$ $L = 92$ $l = 32$ $z = 5$ $d_1(h8) = 16,0$	Оршанский инструмен- тальный завод

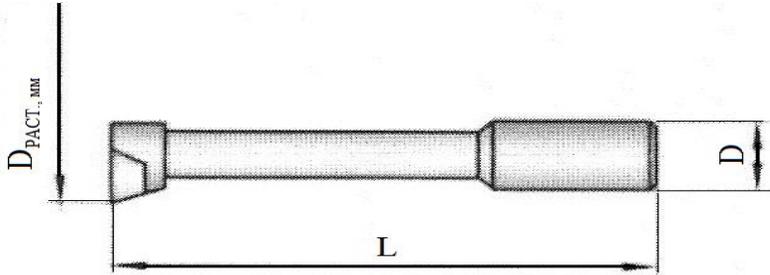
Продолжение табл. 8.1

1	2	3	4	5
<b>Концевые фрезы быстрорежущие с коническим хвостовиком</b>				
13	Концевая фреза быстрорежущая с КМ2 по ГОСТ 17026-71 Маркировка: 2223-0132		$D_1 = 12,065$ $D = 12,0$ $L = 96$ $l = 26$ $z = 4$ КМ 1	Оршанский инструмен- тальный завод
14	Концевая фреза быстрорежущая с КМ2 по ГОСТ 17026-71 Маркировка: 2223-0043	См. рис. к п. 13	$D_1 = 17,780$ $D = 16,0$ $L = 117$ $l = 32$ $z = 4$ КМ 2	Оршанский инструмен- тальный завод
15	Концевая фреза быстрорежущая с КМ3 по ГОСТ 17026-71 Маркировка: 2223-0047	См. рис. к п. 13	$D_1 = 23,825$ $D = 20,0$ $L = 140$ $l = 38$ $z = 5$ КМ 3	Оршанский инструмен- тальный завод

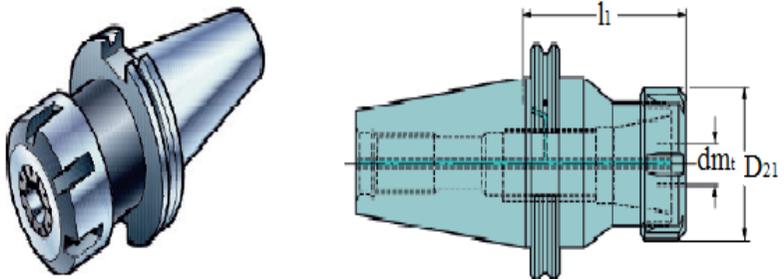
1	2	3	4	5
<b>Торцевые фрезы со сменными режущими пластинами</b>				
16	Торцевая фреза насадная с нормальным шагом зубьев. Маркировка: 345-063Q22-13М		$D_c = 63$ $\varphi = 45^\circ$ Комплект пластин п.19 таблицы 4.1.	Sandvik Coromant
17	Торцевая фреза насадная с нормальным шагом для обработки прямоугольных уступов. Маркировка: 490-040Q16-08М		$D_c = 40$ $l_1 = 40$ $d_{m_m} = 16$ Глубина резания не более $a_p = 5,5$ мм $n_{max} = 29300$ мин <sup>-1</sup> Комплект пластин п.21. таблицы 4.1.	Sandvik Coromant

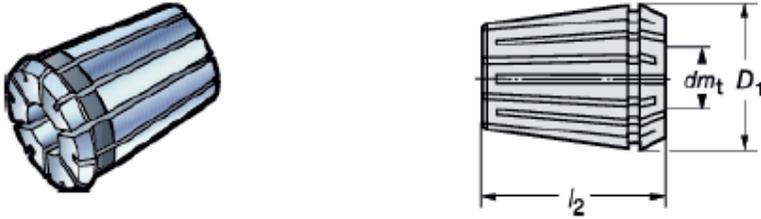
1	2	3	4	5
18	<p>Торцевая фреза, насадная, с круглыми пластинами, с нормальным шагом) Маркировка: R300-040Q16-08M</p>		<p><math>D_3 = 40</math> <math>D_c = 32</math> <math>D_{5m} = 16</math> <math>l_1 = 40</math> <math>d_{m_m} = 16</math> Глубина резания не более <math>a_p = 4</math> мм <math>n_{max} = 30800</math> мин<sup>-1</sup> Комплект пластин п.20. таблицы 4.1.</p>	<p>Sandvik Coromant</p>
<b>Сменные режущие пластины для торцевых фрез</b>				
19	<p>Комплект квадратных пластин с фаской к фрезе торцевой <math>D = 63</math> с <math>z = 4</math> с <math>\varphi = 45^\circ</math> из 10 пластин Маркировка: 345R-1305M-PM 1030 Особомелкозернистый сплав с покрытием <i>PVD</i></p>		<p><math>RE = 0.8</math> <math>S = 5.6</math> <math>IC = 13</math> <math>BS = 2</math> <math>LE = 8,8</math> <math>KRINS = 45^\circ</math></p>	<p>Sandvik Coromant</p>

1	2	3	4	5
20	<p>Комплект квадратных пластин с фаской к фрезе для обработки уступов <math>D = 40</math> с <math>z = 4</math> с <math>\varphi = 90^\circ</math> из 10 пластин</p> <p>Маркировка: 490R-08T308M-PL 4240</p> <p>Сплав GC 4240 с покрытием MT- CVD</p>		$l_a = 5.6$ $S = 3.30$ $b_s = 1.2$ $r_e = 0.8$ $IC = 8.5$	Sandvik Coromant
21	<p>Комплект круглых пластин к фрезе торцовой <math>D = 40</math> с <math>z = 4</math> из 10 пластин</p> <p>Маркировка: R300-0828E-PL 1030</p> <p>Особомелкозернистый сплав с покрытием PVD</p>		$RE = 4$ $S = 2.78$ $IC = 8$	Sandvik Coromant

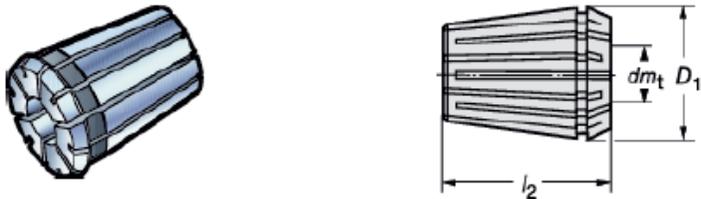
1	2	3	4			5
<b>Резцы расточные твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком</b>						
22	Резцы расточные с пластинами из твердого сплава ВК8 к патрону расточному (по п. 28 таблицы 8.2)		$D_{\text{раст. min}}$	$D$	$L$	Оршанский инструментальный завод
			8		70	
			12	12	90	
			18	20	115	
			25		140	

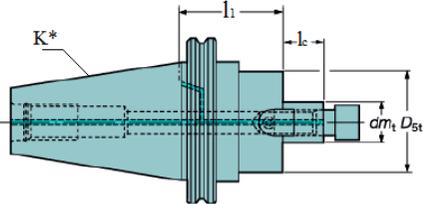
## 8.2. Вспомогательный инструмент с хвостовиком 40 по DIN 69871-A (ГОСТ 25827-2013 Исп. 2).

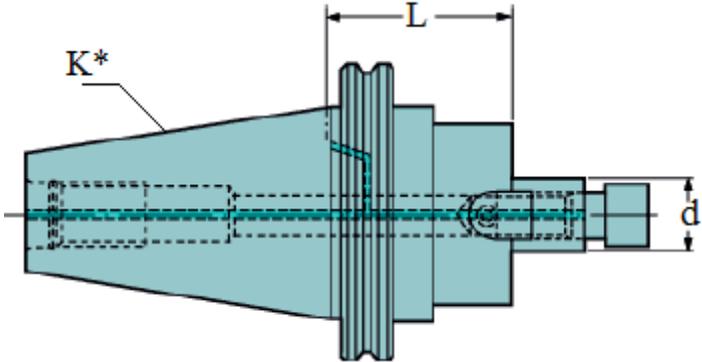
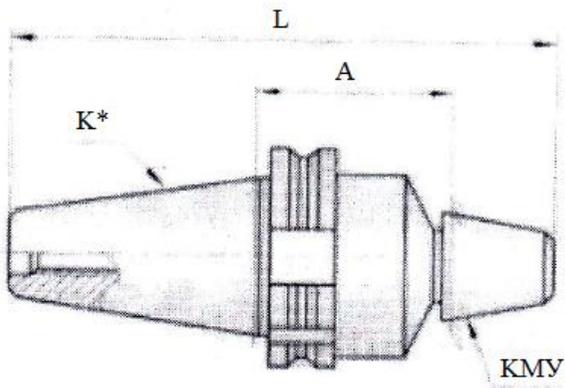
№ № п.п.	Наименование (обозначение)	Эскиз	Основные размеры, мм	Изготовитель
1	2	3	4	5
<b>Цанговые патроны</b>				
1	Цанговый патрон <i>ER</i> . (С цангой <i>ER25</i> ) Маркировка: A1B14-40 25 070		$l_1 = 70$ $D_{21} = 42$ $d_{m_t} = 1,5 \dots 16$	Sandvik Coromant
2	Цанговый патрон <i>ER</i> . (С цангой <i>ER32</i> ) Маркировка: A1B14-40 32 070	См. рис. к п. 1	$l_1 = 70$ $D_{21} = 50$ $d_{m_t} = 2 \dots 20$	Sandvik Coromant

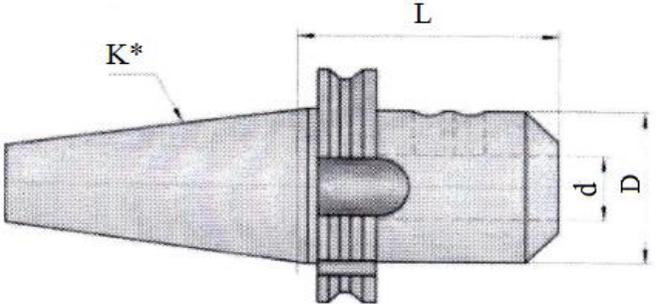
<i>Цанги</i>				
1	2	3	4	5
3	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 020		$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 2,0 \dots 1,5$	Sandvik Coromant
4	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 025	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 2,5 \dots 2,0$	Sandvik Coromant
5	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 030	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 3,0 \dots 2,5$	Sandvik Coromant
6	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 040	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 4,0 \dots 3,0$	Sandvik Coromant
7	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 050	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 5,0 \dots 4,0$	Sandvik Coromant

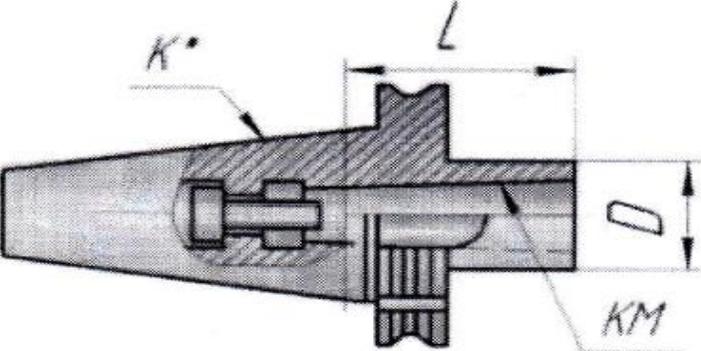
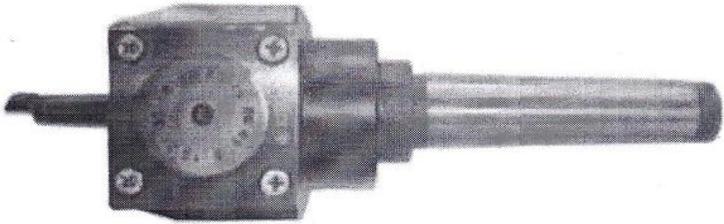
1	2	3	4	5
8	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 060	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 6,0 \dots 5,0$	Sandvik Coromant
9	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 080	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 8,0 \dots 7,0$	Sandvik Coromant
10	Цанга ER25. (Размер 25) Маркировка: 393.14-25 090	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 9,0 \dots 8,0$	Sandvik Coromant
11	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 100	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 10,0 \dots 9,0$	Sandvik Coromant
12	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 120	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 12,0 \dots 11,0$	Sandvik Coromant

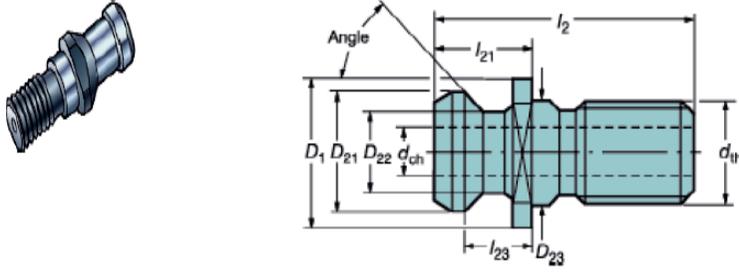
1	2	3	4	5
13	Цанга ER25. Маркировка: 393.14-25 160	См. рис. к п. 3	$l_2 = 34$ $D_1 = 26$ $d_{m_t} = 16,0 \dots 15,0$	Sandvik Coromant
14	Цанга ER32. Маркировка: 393.14-32 060		$l_2 = 40$ $D_1 = 33$ $d_{m_t} = 6,0 \dots 5,0$	Sandvik Coromant
15	Цанга ER32. Маркировка: 393.14-32 080	См. рис. к п. 14	$l_2 = 40$ $D_1 = 33$ $d_{m_t} = 8,0 \dots 7,0$	Sandvik Coromant
16	Цанга ER32. Маркировка: 393.14-32 100	См. рис. к п. 14	$l_2 = 40$ $D_1 = 33$ $d_{m_t} = 10,0 \dots 9,0$	Sandvik Coromant
17	Цанга ER32. Маркировка: 393.14-32 120	См. рис. к п. 14	$l_2 = 40$ $D_1 = 33$ $d_{m_t} = 12,0 \dots 11,0$	Sandvik Coromant

1	2	3	4	5
18	Цанга ER32. Маркировка: 393.14-32 160	См. рис. к п. 14	$l_2 = 40$ $D_1 = 33$ $d_{m_t} = 16,0 \dots 15,0$	Sandvik Coromant
19	Цанга ER32. Маркировка: 393.14-32 200	См. рис. к п. 14	$l_2 = 40$ $D_1 = 33$ $d_{m_t} = 20,0 \dots 19,0$	Sandvik Coromant
<b>Оправки для торцевых фрез</b>				
20	Оправка для торцевых фрез Маркировка: A1B05-40 16 035	 	$l_1 = 35$ $D_{5t} = 36$ $d_{m_t} = 16$ $l_c = 17$ $K^* = 40$	Sandvik Coromant

1	2	3	4	5
21	Оправка для торцевых фрез Маркировка: A1B05-40 22 035	См. рис. к п. 20	$l_1 = 35$ $D_{5t} = 48$ $d_{m_t} = 22$ $l_c = 19$	Sandvik Coromant
22	Оправка для насадных фрез $d=27$ мм комбинированная с вылетом 38 мм Маркировка: 6222-0114-02		$K^* = 40$ $d = 27$ $L = 38$	Оршанский инструментальный завод
<b>Оправки для сверлильных патронов</b>				
23	Оправка к сверлильному патрону с наружным конусом КМУ=B18 Маркировка: 6222-4020-02		$K^* = 40$ $L = 140,4$ $A = 40$ Конус Морзе укороченный (КМУ) B18 для насадного сверлильного патрона	Оршанский инструментальный завод

1	2	3	4	5
<b>Втулки переходные</b>				
24	<p>Втулка переходная с креплением Weldon для концевых фрез с <math>d=20</math> мм Маркировка: 6222-4013-32</p>		<p><math>K^* = 40</math> <math>d = 20</math> <math>L = 63</math> <math>D = 52</math></p>	<p>Оршанский инструментальный завод</p>
25	<p>Втулка переходная с креплением Weldon для концевых фрез с <math>d = 25</math> мм Маркировка: 6222-4013-33</p>	<p>См. рис. к п. 25</p>	<p><math>K^* = 40</math> <math>d = 25</math> <math>L = 100</math> <math>D = 65</math></p>	<p>Оршанский инструментальный завод</p>

1	2	3	4	5
26	Втулка переходная для фрез с КМ 4 Маркировка: 6103-4013-08		$K^* = 40$ $L = 110$ $D = 50$ КМ 4	Оршанский инструментальный завод
27	Втулка переходная для фрез с КМ 3 Маркировка: 6103-4013-07	См. рис. к п. 27	$K^* = 40$ $L = 70$ $D = 40$ КМ 3	Оршанский инструментальный завод
<b>Расточные патроны</b>				
28	Патрон расточной $D_{\text{раст.}} = 8 - 45$ , мм Маркировка: 6300-4018-03		Хвостовик конус Морзе 4 Цена деления лимба - 0,01мм на диаметр расточки Резцы к патрону см. п.22. таблицы 8.1.	Оршанский инструментальный завод

1	2	3	4	5
		<b>Захватные болты по DIN 69872</b>		
29	Захватный болт Маркировка: 393.140-40 M16-75		$l_2 = 54$ $D_1 = 23$ $d_{ch} = 0$ ; $l_{21} = 26$ $D_{21} = 19$ $D_{22} = 14$ $D_{23} = 17$ $l_{23} = 20$ $d_{th} = M16$ $Angle = 75^\circ$	Sandvik Coromant

### 8.3. Режимы резания для концевых фрез из быстрорежущей стали.

Обрабатываемые материалы		Фрезы концевые быстрорежущие (см. п.п. 7- 15 в табл. 8.1.)							
Группа резания по ИСО	Твердость	Диаметр режущей части							
		6	8	10	12	14	16	20	25
		Подача на зуб $S$ , мм/зуб, при глубине фрезерования $t = 0,25D_{\text{фрезы}}$							
		Скорость резания $V$ , м/мин							
P	Сталь HB 200	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,060	0,070	0,080
		69	62	58	54	51	34	28	27
M	Нержавеющая Сталь HB 200	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,060	0,070	0,080
		41	41	40	39	38	27	26	24
K	Чугун HB 200	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,060	0,070	0,080
		37	35	34	33	32	27	25	24
N	Алюминиевые сплавы HB90	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028	0,060	0,070	0,080
		90	90	90	89	84	75	74	74
S	Труднообрабатываемые материалы HB350	0,005	0,007	0,009	0,014	0,020	0,050	0,060	0,080
		12	14	15	17	26	30	33	36

Примечания. 1. При  $t > 0,5D_{\text{фрезы}}$  подачу уменьшить на 30 процентов ( для групп резания P,M,K,N);  
 2. Для труднообрабатываемых материалов с HB > 350 обработка – только с охлаждением эмульсией.

#### 8.4. Режимы резания для твердосплавных концевых фрез.

Обрабатываемые материалы		Фрезы концевые твердосплавные с цилиндрическим хвостовиком (см. п.п. 1- 6 в табл. 8.1.)							
Группа резания по ИСО	Твердость	Скорость резания V, м/мин.	Диаметр режущей части				Применение СОЖ		
			6	8	10	12		14	16
			Подача на зуб S, мм/зуб						
P	Сталь HB 200	120-140	0,014	0,020	0,027	0,036	0,045	0,056	+/-
M	Нержавеющая Сталь HB 200	60							+/-
K	Чугун HB 200	100-120							+/-
N	Алюминиевые сплавы HB90	1000							+/-
S	Труднообрабатываемые материалы HB350	50-70							+
H	Закаленные стали до HRC 48	55							-
Примечание : «+» – с применением СОЖ; «-» – без применением СОЖ;									

### 8.5. Режимы резания для торцовых фрез.

Обрабатываемые материалы		Фрезы торцевые насадные со сменными твердосплавными пластинами (см. п.п. 16-18 в табл. 8.1.)					
Группа резания по ИСО	Материал (твердость)	С квадратными и круглыми пластинами (см. п.19 и п.21 в табл. 8.1)			С квадратными пластинами (см. п.20 в табл. 8.1)		
		Скорость <sup>1</sup> резания V, м/мин.			Скорость <sup>1</sup> резания V, м/мин.		
		Толщина стружки, мм			Толщина стружки, мм		
		0,05	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3
P	Сталь HB 200	265	240	195	240	195	160
M	Нержавеющая сталь <sup>3</sup> HB 200	180	135	100	275	220	175
K	Чугун HB 200	-	-	-	230	190	155
S	Жаропрочные сплавы <sup>3</sup> HB350	37	34	32	-	-	-
H	Закаленные стали <sup>3</sup> до HRC 48	40	36	29	55	45	36

Примечания. 1. Для фрезерования с большой шириной контакта порядка  $0,8D_{\text{фрезы}}$   
2. При ширине контакта менее  $0,3D_{\text{фрезы}}$  скорость резания допускается увеличить в 1,3 раза.  
3. Обработка с подачей СОЖ в зону резания.

### **Вопросы для самостоятельного контроля**

1. Как устроено крепление режущей пластины крепежным винтом с конической головкой с углом конуса  $50^\circ$ ?
2. Какие устройства используются для закрепления собранных комплектов режущего и вспомогательного инструмента в шпинделе станка?
3. Какие характеристики входят в описание быстрорежущей концевой фрезы по ГОСТ 17026-71?
4. Какие характеристики входят в описание оправки для насадных торцовых фрез?
5. Какие характеристики входят в описание квадратных пластин для торцовой фрезы?

## **9. Сборка и наладка инструментальных комплектов**

### **9.1. Обслуживание инструмента**

Основными задачами обслуживания инструмента в ГАУ является обеспечение требуемого качества изготовления изделий, поддержание ресурса инструмента, повышение функциональной и параметрической надежности работы оборудования и обеспечение учебного процесса необходимым набором лабораторных мощностей.

Работы по поддержанию ресурса инструмента выполняются на участке технического обслуживания инструмента, который показан на рис. 9.1. После выработки установленного ресурса режущий инструмент поступает на участок технического обслуживания, где его осматривают с целью выявления дефектов и повреждений режущих частей и выявляют инструмент, негодный для дальнейшей эксплуатации.

После разборки наладок перетачиваемый режущий инструмент (сверла, концевые фрезы и т.п.) сортируют и направляют на восстановление режущих свойств путем переточки на шлифовально-заточных станках.

После восстановления начального состояния инструмента его отправляют на сборку наладок инструмента и их настройку вне станка, включая при необходимости балансировку.

Универсальный 5-координатный шлифовально-заточной центр с ЧПУ мод. U320 (рис. 9.2) предназначен для изготовления методом вышлифовки, заточки и переточки широкой номенклатуры инструмента, изготовленного из твердого сплава или быстрорежущей стали, а также для выполнения операций круглого наружного шлифования. Возможно производить обработку основных видов концевой инструмента. Использование дополнительной оснастки и специализированных программных модулей позволяет изготавливать длинномерный осевой и дисковый фасонной инструмент.



Рис. 9.1. Участок технического обслуживания инструмента



Рис. 9.2. Универсальный 5-координатный шлифовально-заточной центр  
с ЧПУ мод. U320

В табл. 9.1 приведены основные характеристики центра мод. U320.

### 9.1. Характеристики шлифовально-заточного центра U320

Параметр	Ед. изм.	Значение
Число одновременно управляемых осей	шт.	5 (X-Y-Z-A-C)
Диаметр закрепляемого хвостовика инструмента	мм	3—32
Максимальная длина обрабатываемого инструмента	мм	250
Диапазон частот вращения шпинделя шлифовального круга	мин <sup>-1</sup>	1000...6000
Мощность привода главного шпинделя	кВт	7,5
Максимальный диаметр шлифовального круга	мм	200
Максимальные линейные перемещения по осям:	мм	
X		400
Y		230
Z		250
Диапазон подач по осям X, Y, Z	мм/мин	1...6000
Диапазон угловых перемещений вокруг оси A	угл. град.	-10...+180
Диапазон угловых перемещений вокруг оси C	угл. град.	360
Модель ЧПУ	-	Siemens 810
Точность линейных перемещений	мм	0,001
Точность угловых перемещений	угл. град.	0,001

Для выполнения операций по заточке сверл по винтовым и коническим поверхностям, подточке перемычек и снятия фасок на участке используется заточный станок мод. YF32A (рис. 9.3).

При сборке наладок инструмента контроль их длины, как правило, не производится. В дальнейшем, если нельзя заранее точно настроить инструмент на размер по длине, например, концевых фрез в термопатронах, торцовых фрез на оправках и т.п., то измеряют фактический размер вылета инструмента от базового диаметра конуса шпинделя и затем вводят коррекции в программу

обработки. Расточные оправки настраиваются на диаметр обработки предварительно с точностью до 1 мкм.



Рис. 9.3. Заточной станок мод. YF32A

В связи с этим при сборке инструмента используют приборы для размерной настройки на диаметры растачивания и для измерения вылета наладок инструмента.

На участке технического обслуживания инструмента для настройки и измерения наладок инструмента используется устройство фирмы “Borletti” (рис. 9.4).

Устройство работает по методу оптического проекционного контроля при 20-кратном увеличении проектора и позволяет измерять в проходящем луче света диаметр и длину наладок инструмента с точностью 0,005 мм. С помощью устройства возможно также измерять углы профиля режущей части инструмента.

С помощью устройства возможно также измерять углы профиля режущей части инструмента.



Рис. 9.4. Настройка расточной оправки на диаметр обработки на устройстве фирмы “Borletti”

При рабочих частотах вращения шпинделя более  $4000 \text{ мин}^{-1}$  приобретает особое значение балансировка наладок инструмента. Например, производители мотор-шпинделей для высокоскоростных станков указывают нормы динамической балансировки инструмента, при несоблюдении которых они снимают с себя гарантийные обязательства.

На участке технического обслуживания инструмента для балансировки наладок инструмента применяют балансировочный станок BEST BALANCE 4000, который обеспечивает коррекцию дисбаланса в двух плоскостях (рис. 9.5). Станок позволяет измерять величину дисбаланса наладок инструмента с массой до 20 кг и длиной до 450 мм по стандартам балансировки EN292, CE, UL, CSA с точностью  $1 \text{ г} \cdot \text{мм}/\text{кг}$  на частоте вращения  $700 \text{ мин}^{-1}$ .

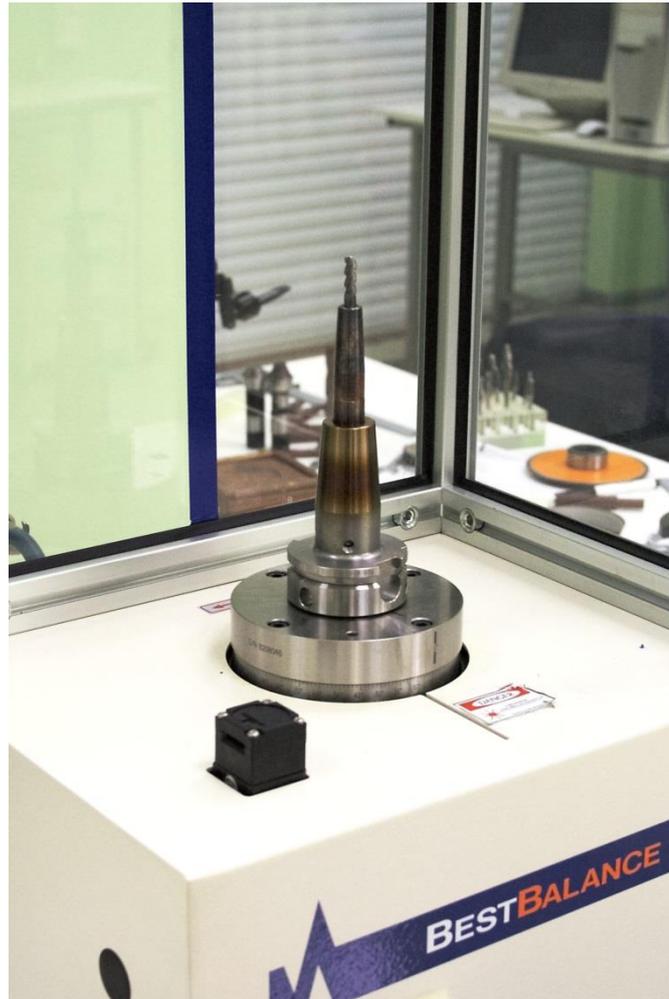


Рис. 9.5. Балансировка наладки инструмента

По завершении измерения дисбаланса на экран компьютера выводится информация о соответствии классам точности балансировки. После этого указываются значения максимально допустимой рабочей частоты вращения наладки инструмента или класса точности балансировки.

В информации также отмечаются те классы, в которых возможная частота вращения сбалансированной наладки инструмента приближается к предельным значениям.

Для инструментальной наладки с слишком большим дисбалансом возможна балансировка путем установки балансировочных винтов. Для этого на экран компьютера выводятся сведения о количестве и расположении

резьбовых отверстий, в которые завинчиваются балансировочные винты, а также масса балансировочных винтов.

Перечисленное оборудование обеспечивает требуемое качество восстановления и наладки порядка 20-30 инструментальных комплектов в смену для нужд производственного участка из 2-3 многоцелевых станков. Также возможно изготовление концевой режущего инструмента путем вышлифовки из твердосплавных заготовок.

## **9.2. Монтаж и настройка инструментальных комплектов**

Сборка инструментальных комплектов начинается с монтажа захватного болта в коническом хвостовике инструмента (рис. 9.6.) в специальном приспособлении.

К резьбовому соединению конического хвостовика инструментов с захватным болтом предъявляются высокие требования по точности и надежности, что обусловило создания ряда приспособлений для монтажа и демонтажа захватного болта в коническом хвостовике инструмента.

В процессе сборки хвостовик вспомогательного инструмента устанавливается и фиксируется в коническом базовом отверстии втулки и торцовым ключом захватный болт завинчивается в резьбовое отверстие конического хвостовика инструмента.

Устройство для монтажа захватного болта 1 в коническом хвостовике 2 инструмента 3 посредством торцового ключа 4 включает следующие элементы: 5 – втулка; 6 – коническое отверстие; 7 – цилиндрическое отверстие; 8 – фиксатор.

Цилиндрическое отверстие 7 выполнено соосно коническому отверстию 6 со стороны меньшего диаметра последнего (из условия беспрепятственного базирования конического хвостовика в коническом отверстии 6). При этом цилиндрическое отверстие 7 выполнено по скользящей посадке  $H6/h5$  – для точного центрирования головки 9 торцового ключа 4 для наилучшего центрирования захватного болта 1, размещенного в головке 9, относительно резьбового отверстия 10 конического хвостовика 2.

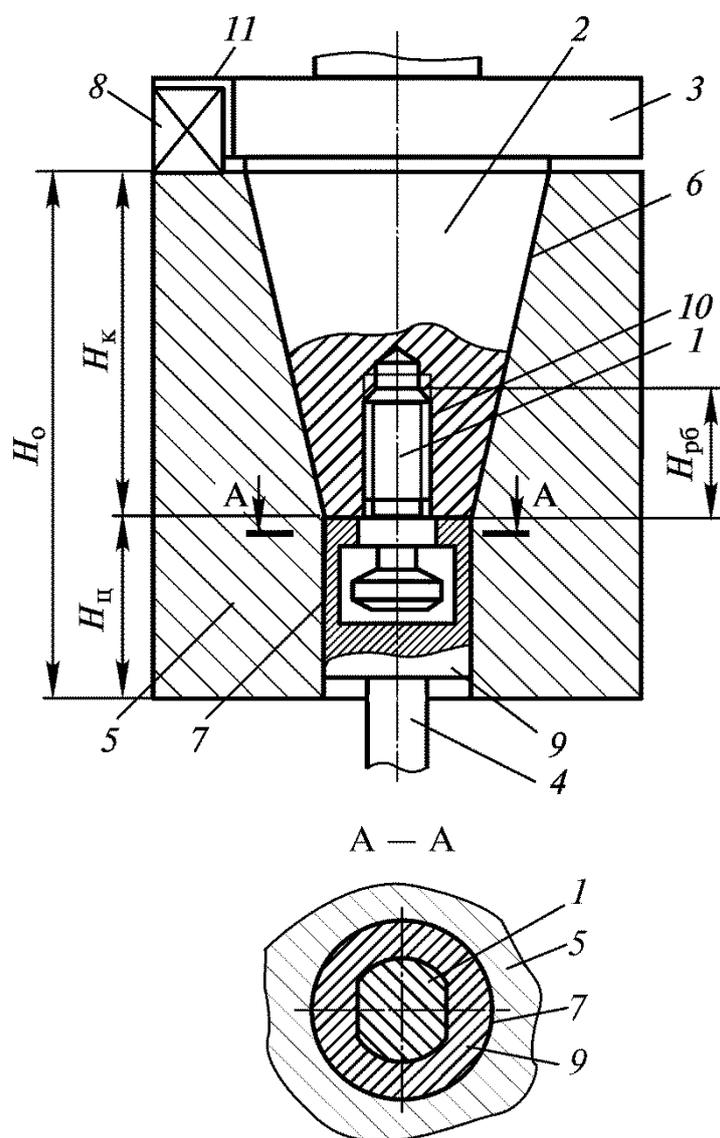


Рис. 9.6. Устройство для монтажа захватного болта в коническом хвостовике инструмента

Монтаж захватного болта в коническом хвостовике инструмента с помощью описанного устройства осуществляется следующим образом.

Втулка 5 неподвижно фиксируется и в нее вставляется инструмент 3 так, что конический хвостовик 2 базируется в коническом отверстии 6, а фиксатор 8 взаимодействует с инструментом 3 (например, входит в ответный паз 11 инструмента 3), предотвращая поворот инструмента 3 вокруг своей оси.

Головка 9 торцового ключа 4 с размещенным в ней захватным болтом 1 вводится в цилиндрическое отверстие 7, по мере продвижения вглубь центрирует захватный болт 1 относительно резьбового отверстия 10, осуществляется точное и надежное завинчивание захватного болта 1 в резьбовое отверстие 10.

В результате достигается исключение перекоса торцового ключа с целью повышения точности и надежности монтажа захватного болта в коническом хвостовике инструмента. Монтаж захватного болта в цанговом патроне показан на рис. 9.7.

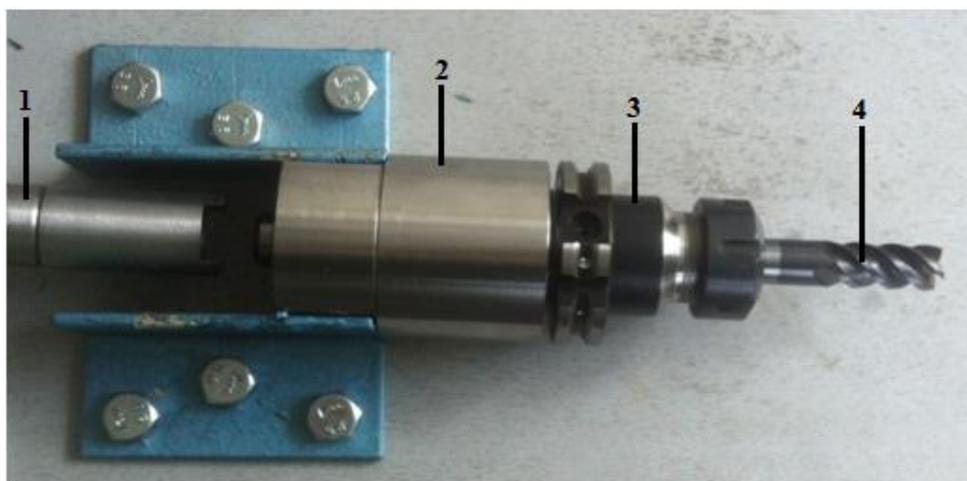


Рис. 9.7. Монтаж захватного болта в цанговом патроне: 1 - ключ; 2 - втулка; 3 - цанговый патрон ; 4 - концевая фреза.

Затяжка захватного болта осуществляется с помощью динамометрического ключа (рис. 9.8) с контролем крутящего момента в пределах 200...300 Н·м.

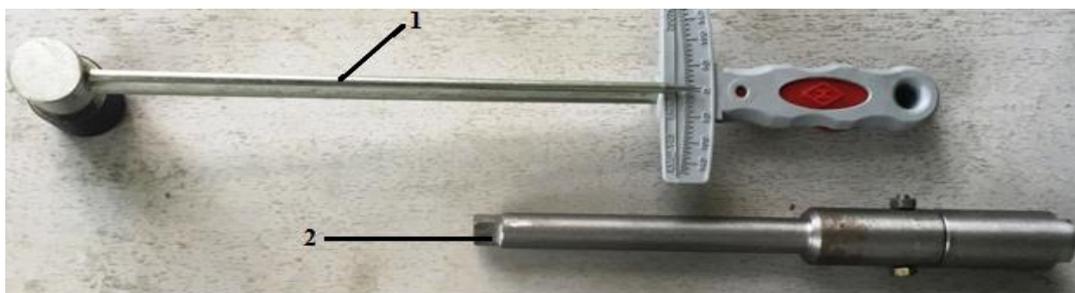


Рис. 9.8. Динамометрический и накидной ключи для монтажа захватного болта: 1 - динамометрический ключ; 2 - накидной ключ.

Для закрепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком в цанговом патроне используется втулка 4 (см. рис. 9.9), которая устанавливается вертикально.

В коническое отверстие втулки устанавливается хвостовик патрона с ориентацией по шпоночным пазам во его фланце. Детали для сборки цангового патрона показан на рис. 9.9. Цанга (поз. 2 на рис. 9.9.) необходимого размера устанавливается в проточке гайки путем сжатия цанги как кольцевой пружины. С помощью специального гаечного ключа 3 гайка наворачивается на резьбу корпуса цангового патрона моментом от руки по нормам сборочных работ в машиностроении (порядка 40 Н·м). Затяжка гайки цангового патрона показана на рис. 9.10.

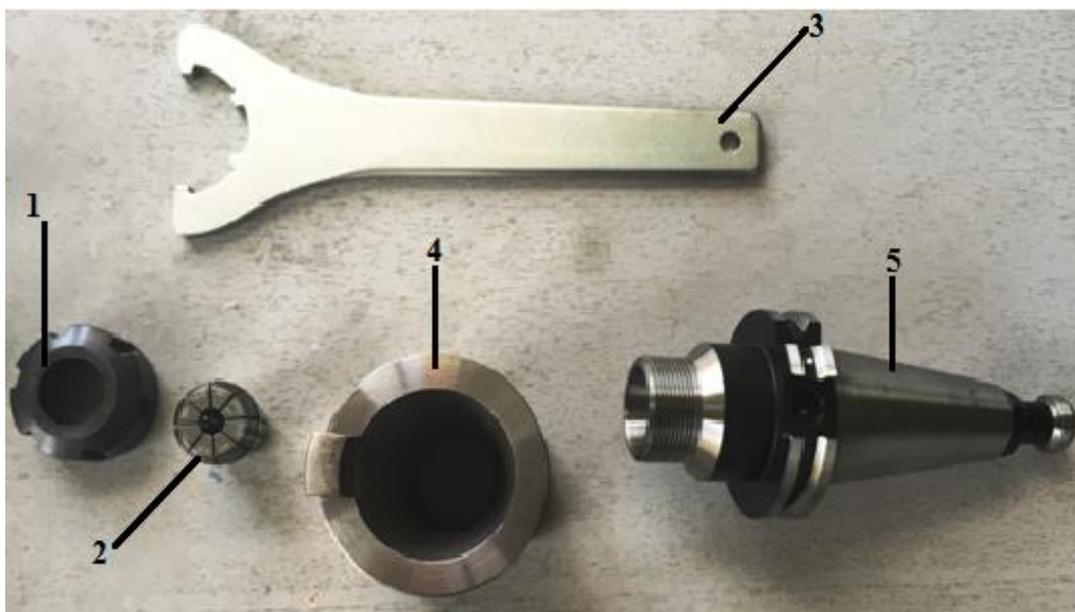


Рис. 9.9. Сборка цангового патрона: 1 - гайка; 2 - цанга ;  
3 - ключ; 4 - втулка; 5 - корпус цангового патрона.

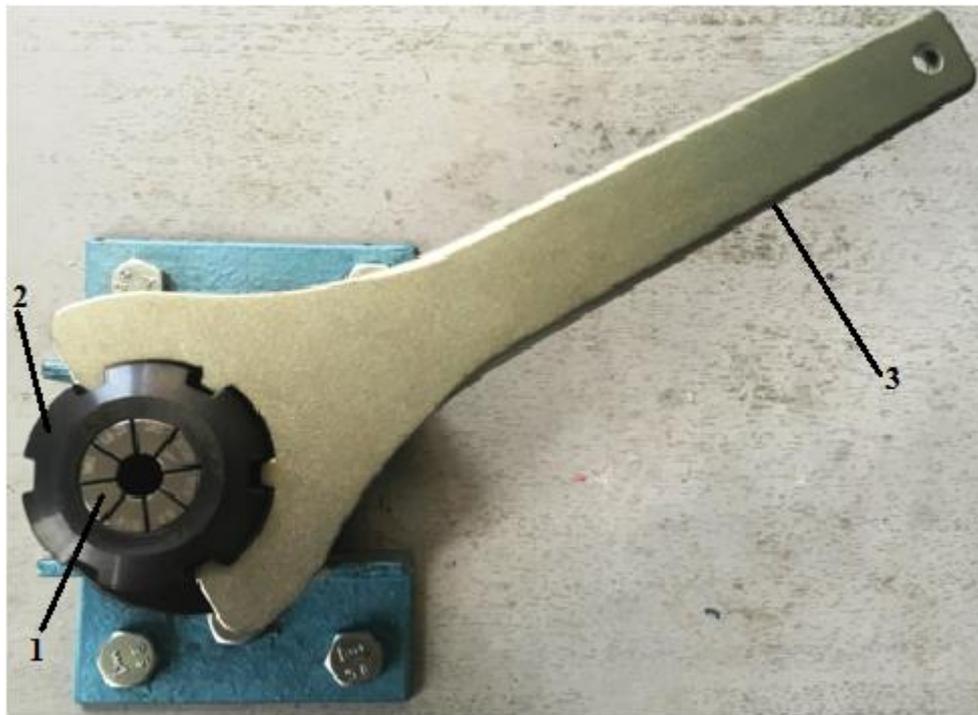


Рис. 9.10. Затяжка гайки цангового патрона: 1 - цанга; 2 - гайка ; 3 - ключ.

Аналогично происходит сборка оправок для насадных фрез и торцевых фрез (рис. 9.11).

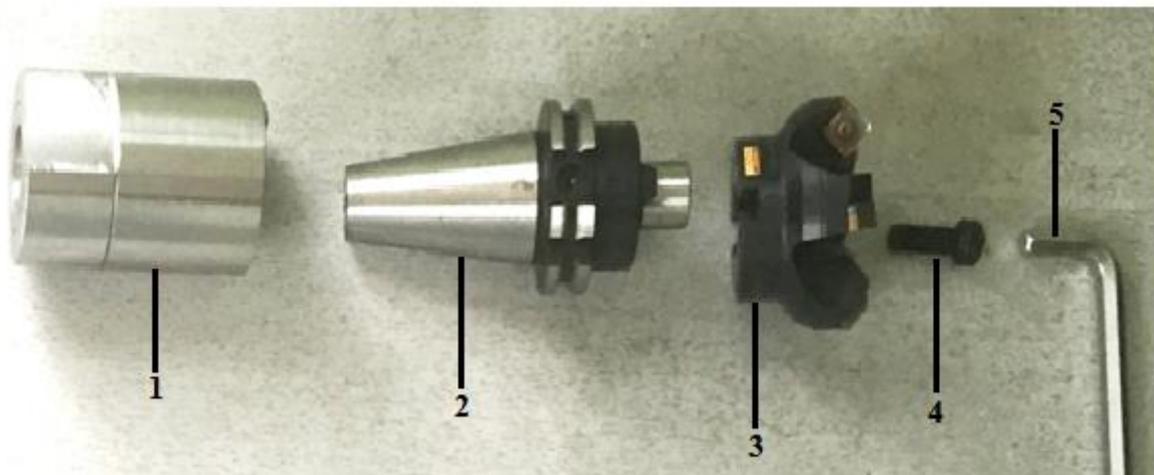


Рис. 9.11. Сборка оправок для насадных фрез и торцевых фрез: 1 - устройство для монтажа захватного болта; 2 - оправка ; 3 - фреза ; 4 - винт оправки; 5 - ключ для оправки.

## Вопросы для самостоятельного контроля

1. Перечислите основные задачи технического обслуживания инструмента.
2. Опишите порядок работ по поддержанию ресурса инструмента.
3. Опишите порядок работ после разборки комплектов инструмента.
4. Какие мероприятия осуществляются при сборке комплектов инструмента?
5. Какое оборудование применяют для балансировки комплектов инструмента?

## Литература

1. *Маслов А.Р.* Инструментальные системы машиностроительных производств: учебник // М.: Машиностроение, 2006 – 336 с.
2. *Маслов А.Р.* Резание материалов. Инструментальная оснастка: учебное пособие // М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 131 с.  
<http://www.iprbookshop.ru/102244.html> (дата обращения: 12.09.2021).
3. *Маслов А.Р., Схиртладзе А.Г., Федоров С.В.* Высокоэффективные технологии и оборудование современного машиностроительного производства: учебник // Старый Оскол: «ТНТ», 2017 – 332 с.
4. Современные технологии обработки материалов: монография / Г.В. Боровский, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов. – М.: Машиностроение, 2015. – 304 с.
5. Высокоэффективные технологии обработки: монография / С.Н. Григорьев, М.А. Волосова, А.Р. Маслов и др. // М.: Машиностроение, 2014. – 455 с.
6. Современные инструментальные материалы: учебное пособие / С.Н. Григорьев, В.А. Гречишников, А.Р. Маслов и др. // Старый Оскол: «ТНТ», 2017 – 128 с.

**Ответы на вопросы для самостоятельного контроля**

**1. Обрабатываемость материалов резанием**

1. Установлен целый ряд параметров и характеристик, отражающих различные физические явления, происходящие в процессе взаимодействия режущего инструмента с обрабатываемой заготовкой, на протекание которых влияют свойства обрабатываемости металлов. Их совокупность принято выражать общим термином – обрабатываемость металлов резанием, под которым понимают свойство конструкционных металлов подвергаться обработке резанием. Основные показатели обрабатываемости могут иметь как сравнительный, так и абсолютный характер.

2. К числу показателей, определяющих сущность термина «обрабатываемость резанием», относятся:

- сила резания (момент вращения), например, по сравнению с эталонным металлом (например, со сталью 45), измеренная в равных режимах условий;
- эффективная мощность, затрачиваемая на резание по сравнению с эталонным металлом в равных режимных условиях.

3. Количественные выражения показателей обрабатываемости конструкционного металла данного химического состава и структурного состояния определяются твердостью, пределом прочности и относительным удлинением, коэффициентом трения в паре обрабатываемый металл – инструментальный материал, свойством изнашивать лезвия инструмента, теплопроводностью и т.д.

4. Для упрощения расчета величины эффективной мощности  $N_e$  для каждой группы обрабатываемости приводится коэффициент  $k_{cl.1}$ , который представляет собой удельную силу резания при срезании стружки толщиной 1 мм.

5. Жаропрочные сплавы на железной, никелевой и кобальтовой основе, титан и титановые сплавы относятся к группе резания S по стандарту ИСО 513.

## **2. Инструментальные материалы**

1. Номенклатура инструментальных материалов условно подразделяется на четыре основные группы: 1) инструментальные стали; 2) твердые сплавы; 3) режущая керамика; 4) сверхтвердые материалы.

2. Инструментальные материалы должны отвечать следующим требованиям: а) твердость; б) теплостойкость; в) прочность; г) ударная вязкость; д) трещиностойкость и др.

## **3. Характеристики многоцелевых станков**

1. На многоцелевых станках (МЦ) с ЧПУ обрабатывают детали машин широкой номенклатуры, типаж которых определяется отраслевой специализацией предприятий. Типовыми деталями являются станины, рамы, корпуса, коробки, крышки, плиты и т.п. Эти детали изготавливают в основном из черных металлов. Для обработки корпусных деталей применяют станки горизонтальной компоновки.

2. Отверстия в корпусных деталях имеют различное назначение и подразделяются на два вида: основные, в которых монтируют детали механизмов и машин (валы шестерни, шкивы и т.д.) и крепежные (с резьбой и без резьбы), служащие для установки деталей крепления (болтов, винтов и т.п.).

3. Для унификации вспомогательного инструмента для многоцелевых станков с ЧПУ разрабатывают инструментальных системы.

4. К основным характеристикам многоцелевого станка с вертикальной осью вращения шпинделя с точки зрения его инструментального оснащения относятся: а) расстояние от торца шпинделя до поверхности стола; б) частоты вращения шпинделя; в) крутящий момент на шпинделе; г) усилие зажима инструмента; д) конус шпинделя; е) число мест в инструментальном магазине; ж) максимальный диаметр инструмента; з) максимальная длина инструмента от торца шпинделя; максимальная масса комплекта инструмента.

#### **4. Гибкие производственные системы (ГПС)**

1. Повышение технологической эффективности в автоматизированном производстве достигается за счет использования автоматизированной системы подачи заготовок и транспортировки на склад готовых изделий, применения многоярусных складов с заданными типоразмерами заготовок и деталей, применения системы автоматического отвода стружки и подачи СОЖ.

2. По ГОСТ 26228—85 гибкий производственный модуль (ГПМ) — это единица технологического оборудования с программным управлением для производства изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик, автономно функционирующая и автоматически осуществляющая все функции, связанные с их изготовлением, а также имеющая возможность встраивания в ГПС.

3. ГПС различают по виду организационной структуры: а) гибкий автоматизированный участок (ГАУ); б) гибкая автоматизированная линия (ГАЛ); в) гибкий автоматизированный цех (ГАЦ). В ГАУ предусмотрена возможность изменения последовательности использования технологического оборудования, как это необходимо в условиях мелкосерийного производства.

4. ГПС классифицируют по уровням автоматизации, разновидности обрабатываемых изделий и комплексности их изготовления, видам обработки (ГОСТ 26962—86). Оценку уровней автоматизации производят по трем градациям: а) первый уровень предусматривает автоматизированную переналадку при изготовлении освоенных изделий; б) второй уровень — автоматическую переналадку при изготовлении освоенных изделий; в) третий уровень — автоматизированную переналадку при переходе на изготовление новых изделий.

5. Разновидностями ГПС по признаку выпускаемых изделий в соответствии с принципами групповой технологии являются ГПС для изготовления: а) корпусных деталей (корпусов коробок скоростей, передач, станин, оснований, кронштейнов и т. п.); б) плоскостных деталей (планок, крышек, панелей, реек, плоских рычагов и т. п.); в) деталей типа тел вращения

(валов, втулок, фланцев, гильз, зубчатых колес и т. п.); г) деталей нескольких классификационных групп, а также сборочных единиц.

6. Полный технологический и транспортный цикл изготовления деталей включает следующие элементы:

- доставка заготовки и паллеты со склада на конвейер;
- доставка заготовки и паллеты в зону промышленного робота;
- транспортировка заготовки и паллеты на промежуточную станцию паллет;
- перемещение заготовки в рабочую зону станка;
- изготовление детали;
- транспортировка детали на промежуточную станцию паллет;
- транспортировка детали и паллеты на конвейер;
- транспортировка детали и паллеты на склад.

## **5. Инструментальное оснащение ГПС**

1. Конструкция вспомогательного инструмента определяется тем, что его присоединительные поверхности соответствуют, с одной стороны, устройствам автоматической смены инструмента и закрепления инструмента на станке, а с другой – всем многообразным типам и типоразмерам присоединительных поверхностей режущего инструмента. Унификация типов инструментальной оснастки осуществляется путем использования принципа агрегатирования вспомогательного инструмента для взаимозаменяемости агрегатов между типами, моделями и группами станков с ЧПУ.

2. На специальном участке, входящем в сервисную периферию ГПС, выполняется сборка и предварительная настройка инструментальных комплектов. Каждый такой комплект кодируется для последующего считывания кодов на всех этапах прохождения комплектов по маршруту инструментального обеспечения.

3. Система диагностирования состояния инструмента включает щупы-датчики контроля положения детали, датчики-измерители крутящего момента

сил резания в шпинделях и оптические датчики информации о поломке режущей части осевого инструмента.

4. В состав сервисной периферии ГПС входит участок заточки и восстановления инструмента. По результатам осмотра затупленного инструмента и анализа причин его поломок составлялся план мероприятий по совершенствованию конструкций инструмента.

5. Критериями эффективности гибкого автоматизированного участка (ГАУ) из нескольких ГПМ являются: а) снижение затрат по сравнению с действующим производственным участком из отдельно стоящих многоцелевых станках с ЧПУ; б) объем доработки деталей, изготовленных на ГАУ, при сборке соответствующих машин или станков.

## **6. Расчет потребности в режущем инструменте**

1. Выбор типоразмера режущего инструмента осуществляется на основе анализа типовых переходов технологических процессов обработки на станках с ЧПУ.

2. Определение требуемого количества режущего инструмента, входящего в комплект инструмента ГАУ, осуществляется на основе данных о трудоемкости соответствующих видов поверхностей, распределении работ по видам обрабатываемых материалов и т. д.

3. Количество инструмента или режущих кромок (для инструмента с механическим креплением режущих пластин)  $n_p$ , необходимое для работы станка в течение расчетного периода, определяется по зависимости:

$$n_p = \frac{T_{\text{инстр}} \cdot k_V \cdot k_H}{T \cdot n \cdot k_n},$$

где  $T_{\text{инстр}}$  - суммарное машинное время работы инструмента за расчетный период или трудоемкость обработки инструментом данного типа или типоразмера за расчетный период эксплуатации;

$T$  - стойкость инструмента с учетом вероятностной природы износа инструмента и разброса стойкости;

$n$  - число переточек режущего инструмента или число граней режущих пластин;

$k_n$  - коэффициент использования режущих кромок ( $k_n = 0,7$ );

$k_v$  - коэффициент, учитывающий случайный выход инструмента или его убыль ( $k_v = 1,2 \dots 1,25$ );

$k_n$  - коэффициент, учитывающий недоиспользование инструмента (снятие при переналадке и замене  $k_n=1,2$ ).

$$T = T_{cp}(1 - k_p V),$$

где  $T_{cp}$  — принятая экономическая средняя стойкость инструмента данного типоразмера;

$V$  — коэффициент вариации ( $V=0,1 \dots 0,3$ );

$k_p$  — квантиль нормального распределения (при вероятности  $\rho = 0,9$   $k_p = 1,282$ ; при  $\rho = 0,95$   $k_p = 1,6$ ).

4. Вспомогательный инструмент, входящий в комплект инструмента ГАУ, должен обеспечивать закрепление всех типоразмеров режущего инструмента данного комплекта

5. Базисный агрегат предназначен для установки и закрепления сменных наладок (втулок, оправок и патронов).

## **7. Расчет потребности во вспомогательном инструменте**

1. Входящий в инструментальную систему вспомогательный инструмент условно подразделяют на три группы:

одномерный - для закрепления режущего инструмента одного размера, одного или нескольких типов;

многомерный - для закрепления режущего инструмента одного типа, нескольких последовательно расположенных размеров;

многотипоразмерный - для закрепления режущего инструмента разных типов, нескольких последовательно расположенных размеров.

2. Общее количество одномерного вспомогательного инструмента подсчитывается по формуле:

$$N_2 = k_3 k_k c,$$

где  $k_k$  - коэффициент, учитывающий комплектность инструмента с учетом предварительной настройки ( $k_k = 2$ );

$k_3$  — коэффициент запаса, учитывающий поломки и ремонт инструмента ( $k_3 = 1,25$ );

$c$  — количество типов режущего инструмента, закрепляемого во вспомогательном инструменте данного типоразмера.

3. Общее количество многомерного вспомогательного инструмента (кроме зенковок, центровок, концевых и торцовых фрез) подсчитывается по формуле:

$$N_3 = k_3 k_k n,$$

где  $n$  — количество размеров режущего инструмента, закрепляемого во вспомогательном инструменте одного размера.

4. Общее количество многотипоразмерного вспомогательного инструмента подсчитывается по формуле:

$$N_4 = k_3 k_k (c + \sum_i^m n_i),$$

где  $k_k$  - коэффициент, учитывающий комплектность инструмента с учетом предварительной настройки ( $k_k = 2$ );

$k_3$  — коэффициент запаса, учитывающий поломки и ремонт инструмента ( $k_3 = 1,25$ );

$n_i$  — количество размеров режущего инструмента, закрепляемого во вспомогательном инструменте одного размера;

$c$  — количество типов режущего инструмента, закрепляемого во вспомогательном инструменте данного типоразмера;

$m$  — количество типов режущего инструмента.

5. Количество необходимых инструментальных комплектов рассчитывают путем сопоставления повторяющихся базисных агрегатов и сменных наладок.

## 8. Выбор элементов инструментальной системы

1. Крепежный винт имеет коническую головку с углом конуса  $50^\circ$ , в которой гнездо под ключ выполнено в форме звездочки (гнездо «торкс») для повышения надежности закрепления режущей пластины по сравнению с обычным шестигранником. Ось отверстия под винт в корпусе фрезы смещена относительно оси отверстия в пластине для того, чтобы при завинчивании коническая головка винта, перемещаясь по параболоидной поверхности отверстия в режущей пластине, прижимала ее к поверхностям гнезда под пластину в державке.

2. Для закрепления собранных инструментальных комплектов из режущего и вспомогательного инструмента в шпинделе станка в хвостовую часть вспомогательного инструмента вворачиваются захватные болты специальной формы.

3. Концевая фреза быстрорежущая 2223-0047 ГОСТ 17026-71 имеет следующие характеристики: а) диаметр рабочей части  $D = 20,0$  мм; б) общая длина  $L = 140$  мм; в) длина рабочей части  $l = 38$ ; г) количество зубьев  $z = 5$ ; д) крепежная часть – Конус Морзе 3 с базовым диаметром конуса  $d_1 = 23,825$  мм.

4. Оправка для насадных торцовых фрез имеет следующие характеристики: а) конус конусностью 7:24 для крепления в шпинделе станка – 40; б) диаметр  $d$  цилиндрической поверхности для насадной фрезы – 27 мм; в) вылет от базового

диаметра конуса конусностью 7:24 до торца присоединительной поверхности  $L = 38$  мм.

5. Квадратная пластина с фаской к торцевой фрезе имеет следующие характеристики: а) обозначение 490R-08T308M-PL 4240; б) марка твердого сплава GC 4240 с покрытием MT- CVD; в) диаметр вписанной окружности  $iC = 8.5$  мм; г) толщина пластина  $S = 3.30$  мм; д) радиус при вершине квадрата  $r_e = 0.8$  мм; е) максимальная ширина фрезерования  $l_a = 5.6$  мм; ж) максимальная глубина фрезерования  $b_s = 1.2$  мм.

## 9. Сборка и наладка инструментальных комплектов

1. Основными задачами обслуживания инструмента являются: а) обеспечение требуемого качества изготовления изделий; б) поддержание ресурса инструмента; в) повышение функциональной и параметрической надежности работы технологической системы.

2. Работы по поддержанию ресурса инструмента выполняются на участке технического обслуживания инструмента. После выработки установленного ресурса режущий инструмент поступает на участок технического обслуживания, где его осматривают с целью выявления дефектов и повреждений режущих частей и выявляют инструмент, негодный для дальнейшей эксплуатации.

3. После разборки инструментальных комплектов перетачиваемый режущий инструмент (сверла, концевые фрезы и т.п.) сортируют и направляют на восстановление режущих свойств путем переточки на шлифовально-заточных станках. После восстановления начального состояния инструмента его отправляют на сборку комплектов инструмента, включая при необходимости, их настройку и балансировку.

4. При сборке инструментальных комплектов при необходимости (например, концевых фрез в термопатронах, торцевых фрез на оправках и т.п.) измеряют фактический размер вылета комплекта от базового диаметра конуса

шпинделя для последующего ввода коррекций в программу обработки. Расточные оправки настраивают на диаметр обработки с точностью до 5 мкм.

5. При рабочих частотах вращения шпинделя более  $4000 \text{ мин}^{-1}$  на участке технического обслуживания инструмента для балансировки инструментальных комплектов применяют балансировочные станки, которые обеспечивают коррекцию дисбаланса в двух плоскостях. Современные балансировочные станки позволяют измерять величину дисбаланса инструментальных комплектов с массой до 20 кг и длиной до 450 мм по европейскому стандарту балансировки EN292 с точностью  $1 \text{ г}\cdot\text{мм}/\text{кг}$  на частоте вращения  $700 \text{ мин}^{-1}$ .

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение</b> .....	4
<b>1. Обрабатываемость материалов резанием</b> .....	6
Вопросы для самостоятельного контроля.....	13
<b>2. Инструментальные материалы</b> .....	14
2.1. Твердые сплавы.....	15
2.2. Выбор инструментального материала.....	17
Вопросы для самостоятельного контроля.....	21
<b>3. Характеристики многоцелевых станков</b> .....	22
3.1. Типы многоцелевых станков и их особенности.....	22
3.2. Многоцелевой станок DMC 630 ecoline.....	27
Вопросы для самостоятельного контроля.....	32
<b>4. Гибкие производственные системы (ГПС)</b> .....	33
4.1. Структура ГПС.....	33
Вопросы для самостоятельного контроля.....	44
<b>5. Инструментальное оснащение ГПС</b> .....	45
Вопросы для самостоятельного контроля.....	63
<b>6. Расчет потребности в режущем инструменте</b> .....	66
Вопросы для самостоятельного контроля.....	73
<b>7. Расчет потребности во вспомогательном инструменте</b> .....	74
Вопросы для самостоятельного контроля.....	78
<b>8. Выбор элементов инструментальной системы</b> .....	79
8.1. Состав инструментальной системы.....	79
8.2. Назначение режимов резания.....	83
Вопросы для самостоятельного контроля.....	106
<b>9. Сборка и наладка инструментальных комплектов</b> .....	107
9.1. Обслуживание инструмента.....	107
9.2. Монтаж и настройка инструментальных комплектов.....	113
Вопросы для самостоятельного контроля.....	118
Литература.....	119
Приложение. Ответы на вопросы для самостоятельного контроля.....	120
Оглавление.....	130