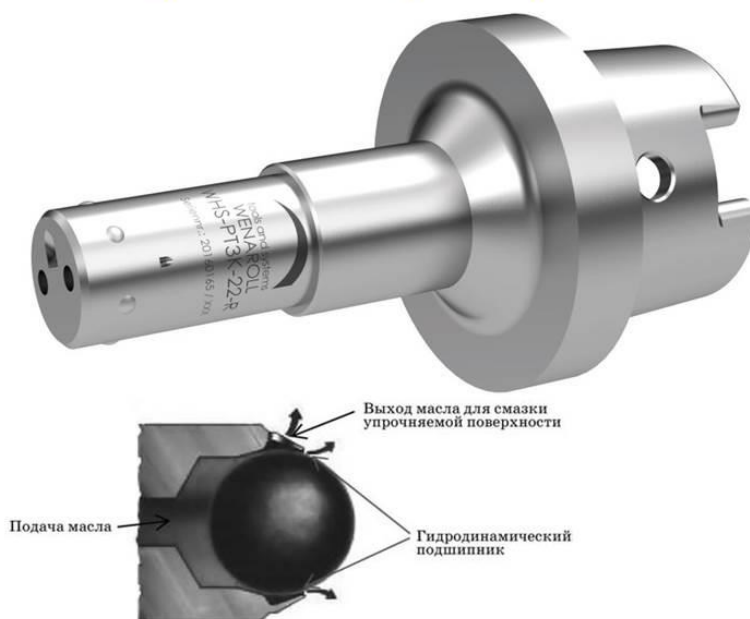


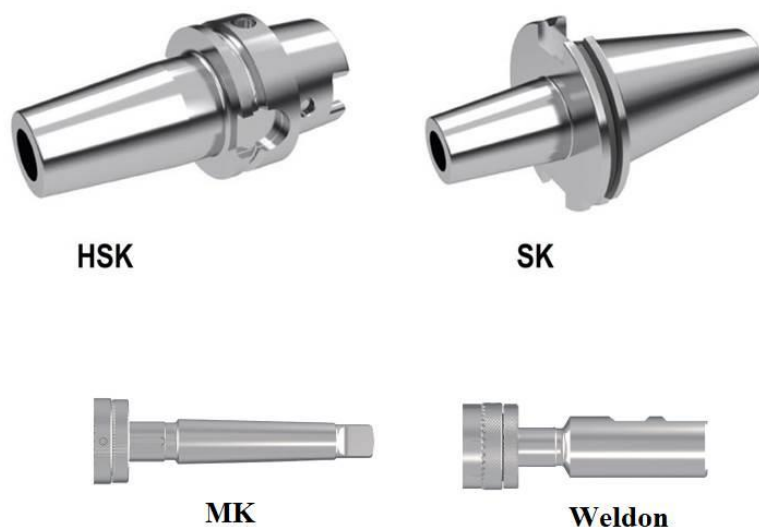
## **5.2 Раскатывание поверхностей, оснащение процесса**

### Гидростатический шариковый раскатник WHS



Продолжим знакомство с конструкцией раскатников. **Серийно выпускаемые** гидростатические инструменты ДаблВХС используются для прецизионного раскатывания отверстий. Для создания прижима к поверхности детали шариков (т.е. усилия раскатывания) используется СОЖ. Гидравлический способ задания усилия имеет ряд преимуществ перед механическим. Обеспечение возможности бесступенчатого регулирования в широком диапазоне удельного давления. Весьма эффективное и простое преобразование гидравлического давления в возвратно – поступательные перемещение шариков, создающих усилие раскатывания. Относительная простота реализации технологических действий для задания необходимых технологических параметров раскатывания. Увеличение скорости задания этих параметров является одним из наиболее очевидных преимуществ гидравлических инструментов. Постоянство поддержания усилия при изменении геометрии отверстия за счет гидрокомпенсаторов, так же входит в преимущества такого инструмента. Таким образом, инструмент кардинально отличается от роликовых жестких раскатников, рассмотренных в предыдущей лекции. В процессе обработки требуется достаточное давление в системе охлаждающей жидкости, которая может подаваться через шпиндель либо внешним насосом. Эти раскатные инструменты могут использоваться для обработки деталей с твердостью до 65 HRC. Инструменты ДаблВХС предназначены для использования на фрезерных и токарно-фрезерных обрабатывающих центрах с ЧПУ.

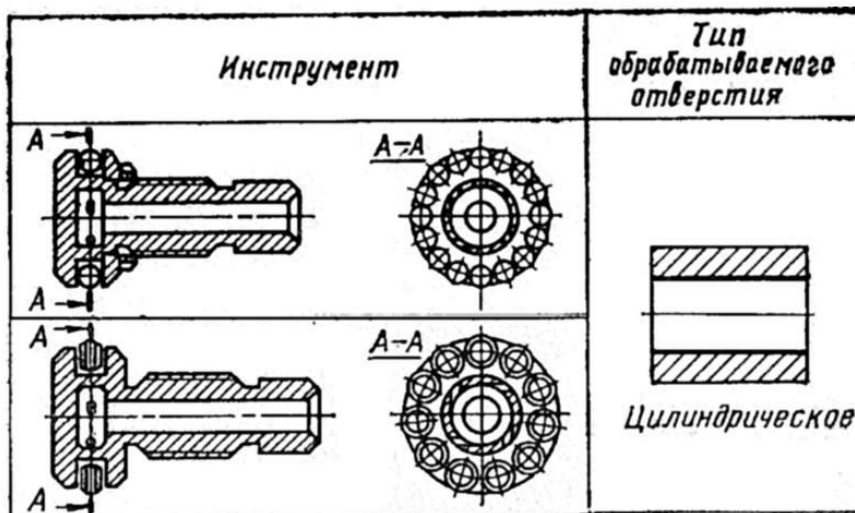
### Хвостовики для крепления раскатников



Для этого их выпускают с хвостовиками HSK и SK, в отличие от традиционных конусов Морзе (МК) и цилиндрических хвостовиков Weldon, которые для установки на таких станках требуют переходников и вспомогательную оснастку ЧПУ. Преимущество SK-конусов (с конусностью 7 к 24-м) заключается в симметричности их конструкции, простоте технологии изготовления и в том, что они являются самоцентрирующимися. Однако недостатком является то, что возможно смещение инструмента по оси под действием затягивающего усилия, которое сохраняется даже после остановки процесса (эффект «прилипания» конуса). Кроме того, вследствие деформации под действием центробежной силы уменьшается площадь контакта, в результате чего происходит также снижение фрикционной передачи вращающего момента. В самом худшем случае возможно проскальзывание инструмента. Отрицательное влияние может оказать также штремель. Во-первых, штремель является быстроизнашивающейся деталью, что приводит к дополнительным расходам, во-вторых, в случае использования штремеля низкого качества нарушаются условия нормальной работы, возникает неравномерная нагрузка, повышенные биения, что приводит к снижению качества обработки, сокращению периода стойкости инструмента. HSK хвостовик является полым с наружным конусом небольшой конусности 1 к 10. В современных многоцелевых обрабатывающих центрах HSK-соединение более широко применяется по сравнению с SK-конусом, поскольку превосходит его по следующим показателям: • точность (устойчивое осевое положение за счёт базирования по торцу), • жёсткость (воспринимает большой изгибающий момент), • пригоден для использования в режиме высокой частоты вращения, • высокая стабильность положения при смене инструмента, • не требуется штремель. Передача вращающего момента производится за счёт поводковых пазов одинаковой ширины и разной глубины на конце хвостовика и фрикционным замыканием за счёт напряженно-деформированного состояния между шпинделем и оправкой. Торцевой фланец служит для фиксации HSK-конуса по оси в шпинделе, а также для повышения жёсткости при изгибающей нагрузке. Конусный полый хвостовик

фиксирует соединение в радиальном направлении, и обеспечивает наличие пространства для размещения системы крепления внутри него.

Раскатчик пневмоцентробежного действия



Если есть раскатники, использующие в качестве рабочей среды жидкость, то и существуют конструкции раскатников использующие такую среду в работе как газ. Раскатчик пневмоцентробежного действия предназначен для обработки внутренних поверхностей деформирующими элементами, шариками или цилиндрическими роликами, находящимися во вращательном движении вокруг оси инструмента и совершающими колебательное движение перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Вращательное движение инструмента совмещено с подаваемой под давлением газовой средой через тангенциальные сопла в канавку, где размещены шарики, выполняющие поверхностно-пластическое деформирование отверстия. Величины зазоров, регулирующих расход воздуха, подобраны таким образом, что шарики находятся в автоколебательном режиме. Контакт шариков с поверхностью отверстия иной, в отличие от предыдущих раскатников, непостоянный и характеризуется качением с проскальзыванием. Сложный характер движения шариков, наличие кратковременного периодического силового воздействия, не имеющего постоянной направленности, проскальзывание и вращение шариков в процессе взаимодействия с исходной поверхностью создают благоприятные условия равномерного по физико-механическим свойствам деформированного поверхностного слоя. Механизм изменения исходного микрорельефа отличается от традиционного раскатывания. Силовое воздействие на обрабатываемую поверхность происходит не при постоянной, а при резко изменяющейся кинетической энергии деформирующих тел. Ударное воздействие в различных направлениях на исходные микронеровности способствует в начальный момент обработки частичному механическому разрушению вершин микровыступов, обильный приток воздуха обеспечивает удаление продуктов износа. Затем, формируется контактная зона шариков с обрабатываемой поверхностью, процесс стабилизируется и приближается к качению, в этот момент происходит раскатывание с незначительным упрочнением поверхностного слоя.

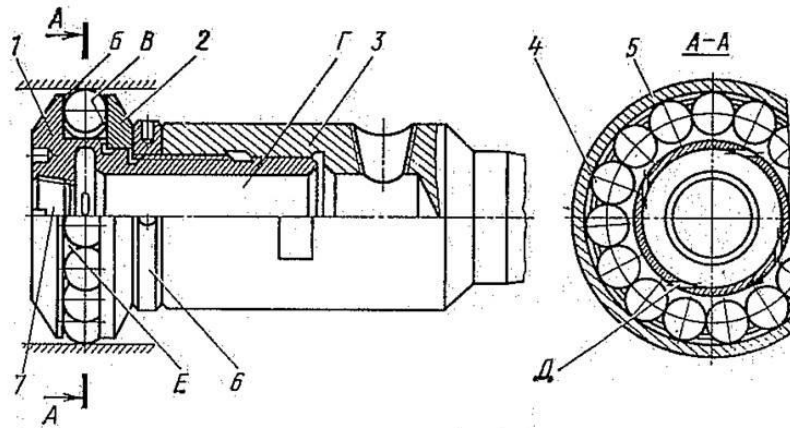
## Раскатывание поверхностей. Оснащение процесса

Инструмент	Тип обрабатываемого отверстия
	<p>Сферическое</p>
	<p>Коническое</p>
	<p>Кольцевая канавка</p>

Раскатники могут иметь конструкцию под раскатывание цилиндрических отверстий, а также сферических, конических и торовых поверхностей. В инструментах для обработки сферических отверстий ось расположения шариков наклонена к инструменту под некоторым углом и инструмент не имеет движения подачи относительно заготовки. Кроме того, корпус инструмента намагничен, притягивание шариков к корпусу при отсутствии подачи сжатого воздуха обеспечивает возможность ввода и вывода инструмента из отверстия. При этом конструктивные особенности раскатников для обработки цилиндрических, конических и других поверхностей вращения схожи между собой.



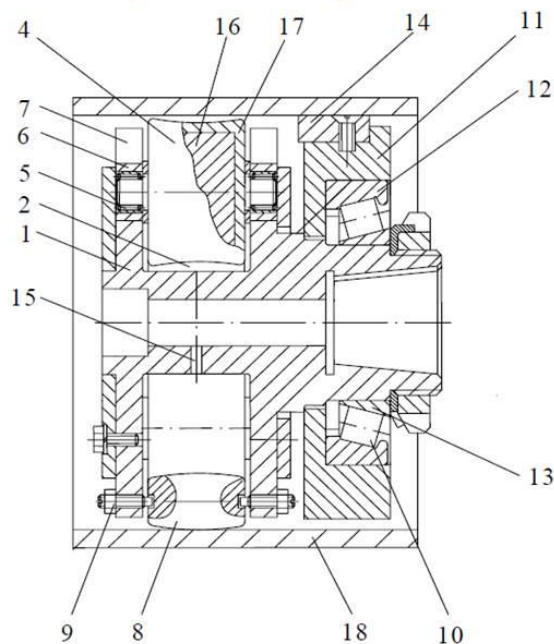
Шариковый раскатник пневмоцентробежного действия



Так, представленный на рисунке инструмент состоит из корпуса, установленного в оправке и имеет на боковой поверхности кольцевую канавку E, образованную торцевой поверхностью свинченного корпуса и прижатого им диска. Сжатый воздух поступает к отверстию в оправке затем по главному отверстию в корпусе, которое заглушено пробкой 7, а далее по соплам Д к шарикам. Несомненными преимуществами пневмораскатников являются малый вес конструкции и экономичность эксплуатации за счет дешёвой среды и лёгкости ее получения. Так же отметим следующие достоинства: высокая скорость перемещения деформирующих элементов без сложных механических элементов, отсутствие необходимости в защитных устройствах, возможность охлаждать зону обработки и удалять продукты износа, срок службы инструмента зависит только от износостойкости шариков, сбор и утилизация отработавшей среды как для гидростатических инструментов не требуется. Процесс пневмоцентробежного раскатывания за счет короткого, но мощного импульса силы хорошо подходит для обработки тонкостенных деталей с шероховатостью до Ra0,08 при толщине стенки 2мм и более. Но отличается невысокой степенью упрочнения, т.к. сила раскатывания зависит от массы шарика и при ее небольшом значении окружная скорость должна быть 25 или более метров в секунду. Тогда центробежная сила достигнет значения 100-200 Ньютон, что позволит проводить поверхностно-пластическое деформирование деталей из цветных металлов.

## Раскатывание поверхностей. Оснащение процесса

Роликовый раскатник центробежного действия



Центробежное раскатывание может быть реализовано и через опорные катки. Для обеспечения обработки через опорные катки раскатник должен иметь пять и более роликов. Т.к. центробежные силы увеличиваются пропорционально увеличению размеров, то пятироликовый инструмент обеспечивает максимальное усилие деформирования, ведь с увеличением их количества размеры, а следовательно и их масса, уменьшаются. При инструменте с раскатыванием через промежуточные катки деформирующие ролики имеют размеры существенно меньше, чем опорные катки. Это позволяет производить обработку при том же контактном давлении, но с меньшей частотой вращения инструмента по сравнению с предыдущим раскатником. Работа раскатника осуществляется следующим образом. Центробежному раскатнику сообщается вращение и движение подачи вдоль оси детали. В результате вращения корпуса 1 вместе с инерционными узлами возникают центробежные силы, развиваемые массами опорных катков 4, установленных с помощью подшипников 5 в ползунах 6, которые перемещаются вдоль радиальных пазов 7. При этом на деформирующие ролики 8 действуют как центробежные силы, развиваемые их собственной массой, так и центробежные силы двух смежных опорных катков, обладающих по сравнению с ними более значительной массой. Наличие инерционных узлов для создания усилия деформирования, вращающихся с заданными окружными скоростями, может образовывать диапазон центробежных сил, обеспечивающих необходимое усилие деформирования для обработки материалов с различными физико-механическими свойствами и микрогеометрическими параметрами. Кроме того, на корпусе посредством подшипника крепится базирующее устройство. Наличие в инструменте базирующего устройства позволяет в процессе работы осуществлять его координацию по обработанной поверхности, является дополнительной опорой, придает устойчивость и смягчает динамику процесса пластического деформирования, что повышает качество обработанной поверхности. Для реализации конструкции нужны точные пропорции в размерах. Так, при диаметре отверстий 160 мм, деформирующие ролики и опорные катки имеют диаметры соответственно 24 и 56 мм,



которые при частоте вращения инструмента 800 оборотов в минуту создают усилие раскатывания в 750Н. Однако конструкция такого раскатника должна быть сбалансирована, т.к. при такой частоте вращения незначительный дисбаланс приведет к вибрациям.

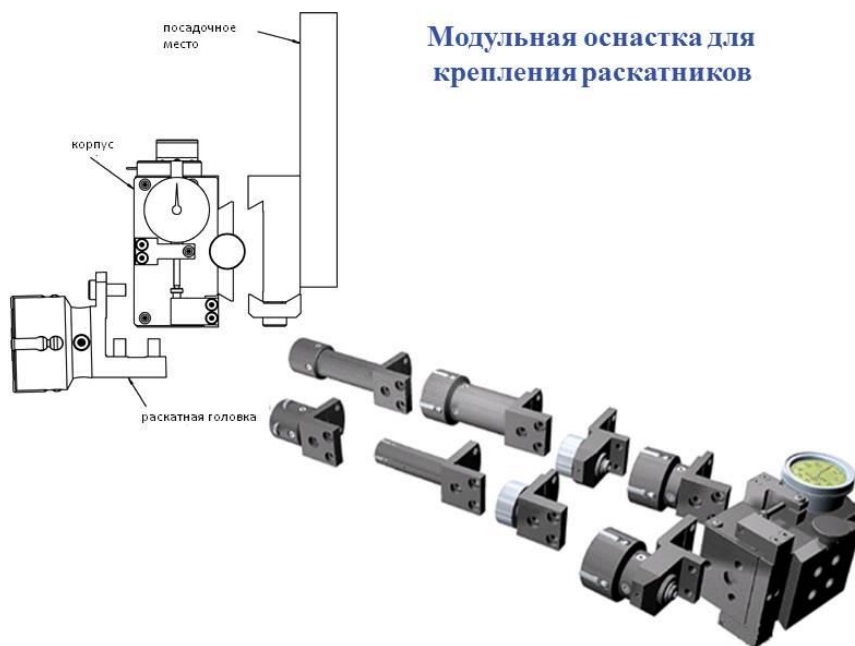
## Раскатывание поверхностей. Оснащение процесса

### Роликовый раскатник ударного действия



Для интенсификации процесса поверхностно-пластического деформирования раскатыванием идея с ударным движением деформирующих тел нашла свое развитие и для жестких сепараторных раскатников. У инструмента ударного раскатывания ролики помимо планетарного движения совершают еще в радиальном направлении быстрые возвратно-поступательные перемещения, в результате чего они, прокатываясь по обрабатываемой поверхности, наносят по ней кратковременные удары большой частоты. Для этого деформирующие ролики, установленные в сепараторе, вращаются между поверхностями обрабатываемого отверстия и кулачковой оправки. Кулачковая оправка представляет собой цилиндр, на котором равномерно по окружности выполнено несколько равных площадок (лысок) или профильных канавок. Обкатывая выступающие участки кулачковой оправки, ролики ударяют по обрабатываемой поверхности в момент заклинивания; при этом натяг максимален. При прохождении роликом лыски на кулачковой оправке происходит раскатывание с натягом  $i / 2$ . Количество таких импульсов за один оборот раскатки равно произведению количества лысок на количество роликов. Частота ударов зависит от конструкции инструмента и скорости его вращения, которая варьируется от 1000 до 8000 оборотов в минуту. В процессе обработки поверхность детали испытывает двойное воздействие: вследствие раскатывания и вследствие приложения ударной силы. Ударное раскатывание вызывает локальное и неоднородное в точке контакта пластическое деформирование. Но большое число ударов и их равномерное распределение по обрабатываемой поверхности как бы усредняет воздействие, в результате чего создается равномерный упрочненный слой. В связи с мгновенным и кратковременным приложением нагрузки пластическая деформация не успевает распространиться на значительную глубину. Это позволяет обрабатывать отверстия в деталях малой и неравномерной жесткости, например у тонкостенных деталей, исключая у них бочкообразную форму. Так же, когда обрабатываются пористые поверхности (например, подшипники с масляной пропиткой) - меньшая деформирующая способность такого инструмента оставляет поры на поверхности

нетронутыми. Это так же важно и для отверстий с жесткими допусками, у которых большая пластическая деформация может привести к нарушениям точности. Сила удара ролика по обрабатываемой поверхности зависит от высоты подъема кулачка над опорной частью оправки инструмента. Для увеличения энергии удара ролика рекомендуется использовать кулачковые оправки с большим подъемом кулачков. Обычно деформирующие элементы импульсных раскатников изготавливаются из роликов стандартных игольчатых подшипников и настройка таких раскатников выполняется путем смены этих роликов. При этом рабочий диаметр рассчитывается с учетом упруго-пластической деформации отверстия в пределах поля допуска. Промышленность серийно выпускает диаметры инструментов от 5 до 32 мм. Глубина наклепанного слоя тем больше, чем пластичнее материал. Например, для углеродистой стали глубина наклепа равна 0,1.. 0,2 мм, для алюминиевого сплава - 0,3...0,5 мм. Твердость поверхностного слоя металла возрастает на 10-30% в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала.



Модульная оснастка для крепления раскатников

Если подвести итог, то конструкций раскатников, схем их установки и крепления на станке, диапазона существующих размеров большое множество и при обработке авиационных деталей со значительной номенклатурой обрабатываемых диаметров поднимается вопрос о переналадке станка при смене одного раскатника на другой. При таких условиях становится целесообразным использовать модульную оснастку для раскатывания отверстий. При переналаживании оборудования на обработку партий различных деталей, **необходима** достаточная технологическая гибкость инструментальной оснастки, чтобы можно было быстро составлять разнообразные наладки различного типоразмера и номенклатуры, тем самым, обеспечивая наибольшую производительность. Следовательно, модульная оснастка имеет свое преимущество. Так же когда из-за сложной конфигурации изделия для обработки требуется много специального инструмента модульная оснастка позволяет значительно сократить номенклатуру вспомогательного инструмента, за счет применения одних и тех же средств технологического оснащения на различных операциях.