

ГЛАВА 1

ОБРАЗОВАНИЕ РЕЗЬБОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

1. Общие сведения о резьбах

В деталях приборов имеются различные наружные и внутренние резьбовые поверхности. Резьбовая поверхность – это канавка, прорезанная на наружной или внутренней поверхности определенным образом. В зависимости от формы профиля канавки различают резьбы треугольные (рис. 1,а), трапециевидальные (рис.1,б), прямоугольные (рис.1,в) и др. По направлению витков резьбы делятся на правые (винт ввинчивается в гайку при вращении по часовой стрелке) и левые; резьбы бывают однозаходные (рис.2,а) и многозаходные (рис.2,б, в). Многозаходные резьбы имеют несколько параллельно идущих витков; на торце детали с такой резьбой видно несколько равномерно расположенных начал витков (заходов).

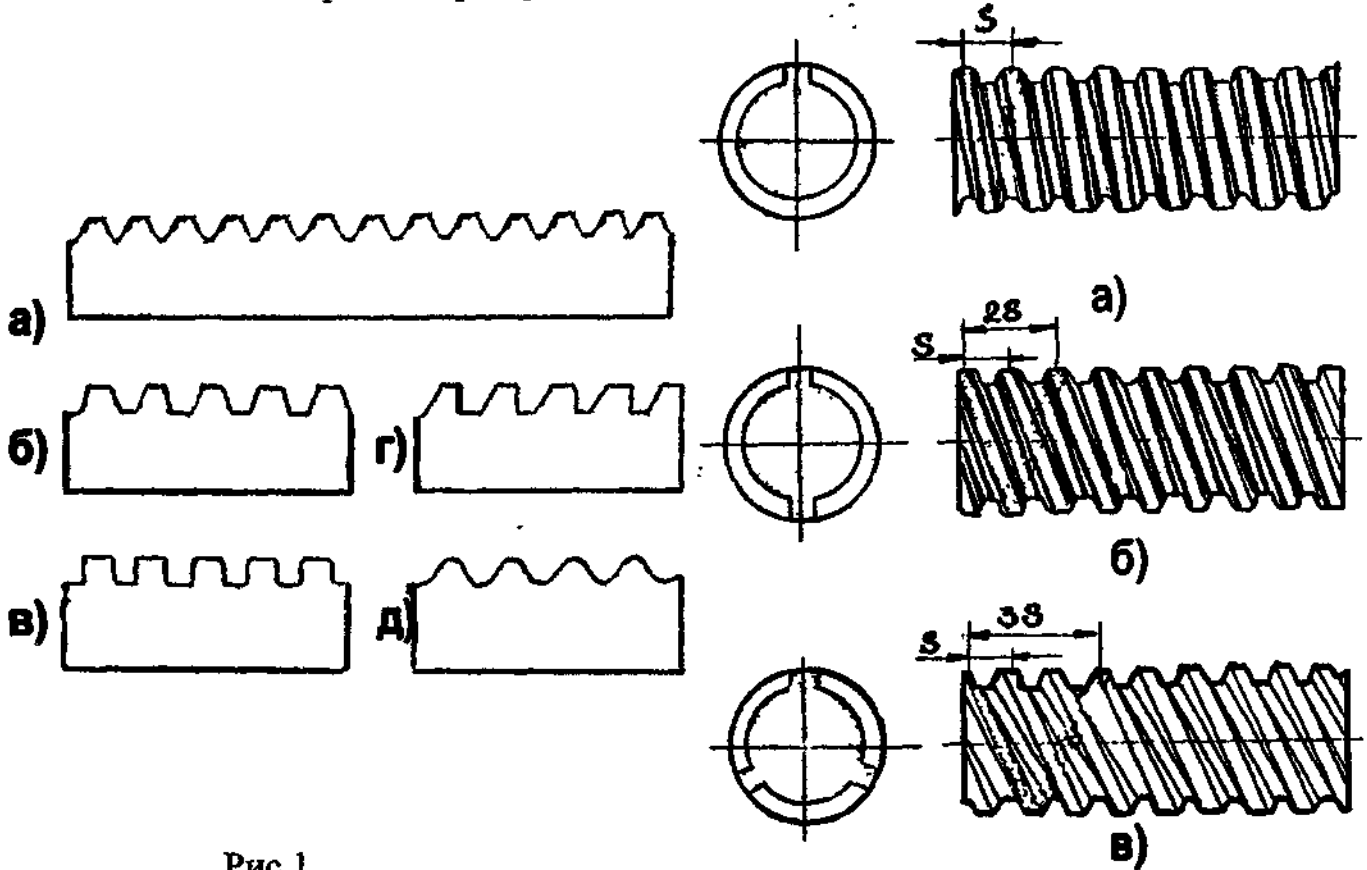


Рис 1.

Резьбы:

по форме профиля: а – треугольная,
б – трапециевидальная,
в – прямоугольная (ленточная),
г – упорная, д – круглая.

Рис. 2.

Резьбы по числу заходов:

а – однозаходная,
б – двухзаходная,
в – трехзаходная.

Элементы резьбы.

Шагом резьбы S называется расстояние между одноименными точками двух соседних витков, измеренное параллельно оси резьбы (рис.3).

Угол подъема резьбы μ - угол между направлением витка и плоскостью, перпендикулярной к оси цилиндра.

Угол профиля α - это угол между боковыми сторонами профиля, измеренный в осевом сечении (рис.3).

Резьба треугольного профиля с углом $\alpha = 60^\circ$ называется метрической резьбой. Для соединения деталей между собой в приборостроении чаще всего используется метрическая резьба.

При рассмотрении резьбового соединения пользуются термином внутренняя резьба или "гайка", когда резьба нарезана на внутренней поверхности, наружная резьба или "винт" - на наружной поверхности (рис.3).

Нарезание наружных резьб производится резцами, гребенками, плашками, резьбонарезными головками, фрезами, резцовыми головками (вихревой метод), шлифовальными кругами на токарных, револьверных, болторезных, резьбонарезных, резьбошлифовальных, токарных автоматах и других станках.

Внутренние резьбы нарезаются резцами, гребенками, метчиками, резьбонарезными головками, фрезами на токарных, револьверных, сверлильных, гайконарезных, фрезерных, токарных автоматах и других станках.

Ниже рассматриваются способы нарезания резьб, наиболее часто применяемые в оптическом приборостроении.

Метод получения резьб выбирают, учитывая габариты деталей, размеры резьбы, требуемую точность обработки и объем выпуска.

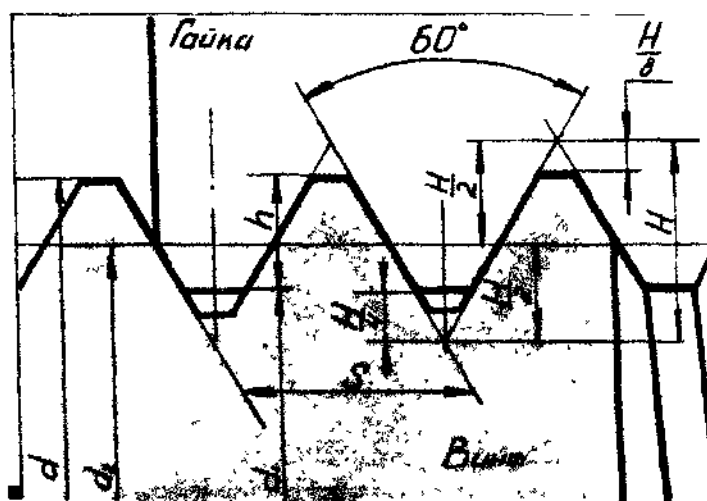


Рис.3 Резьбовое соединение «винт-гайка»

2. Нарезание внутренней резьбы метчиками

Внутренние резьбы диаметром до 20 мм нарезают на станках токарной группы метчиками (рис.4). Метчик представляет собой винт того же диаметра, шага и угла профиля резьбы, что и нарезаемая им резьба, изготавливается из инструментальной стали и имеет продольные стружечные канавки. На пересечении канавок с нитками резьбы образуются резьбовые гребенки. Работа резания выполняется заборной, т.е. конической, частью метчика, у которой высота режущих зубцов гребенки постепенно повышается. По мере ввинчивания метчика в отверстие заборная часть прорезает резьбовые канавки: каждый зубец срезает небольшую часть припуска, и после прохода заборной части резьба приобретает полный профиль. Зубья на заборной части метчика затылованы, т. е. имеют заднюю (затылочную) поверхность, выполненную по архимедовой спирали, благодаря чему образуется задний угол α ($\alpha = 6-12^\circ$), облегчающий процесс резания. За заборной частью метчика расположена калибрующая часть, не имеющая затыловки ($\alpha = 0$), она служит для направления метчика по резьбе и для зачистки (калибрования) профиля резьбы.

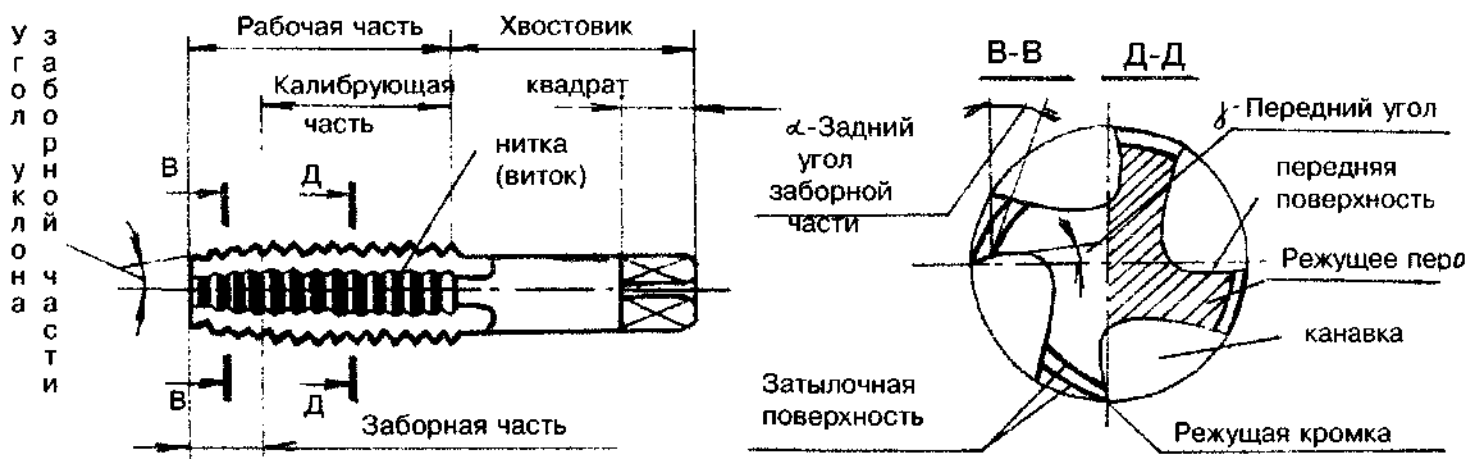


Рис. 4 Метчик.

После затушения метчик можно затачивать по передним поверхностям режущих сторон, т. е. по дну стружечной канавки. Т.к. на калибрующей части не имеется заднего угла, то после переточек диаметр резьбы метчика не изменяется.

По числу перьев различают трехперые и четырехперые метчики. Метчики бывают ручные (слесарные) и машинные (станочные). Метчики обычно применяются комплектом из двух или трех штук, между которыми распределен припуск на обработку. Например, для комплекса из двух метчиков 70% приходится на первый метчик и 30% - на второй. Возможно нарезание резьбы на полный профиль и одним машинным метчиком. Для

отличия первого, второго и третьего метчиков комплекта на хвостовике метчика нанесено соответствующее количество кольцевых рисок.

Чтобы метчик направлялся точно по оси обработанного отверстия, его закрепляют в качающуюся самовыдвижную оправку (рис. 5).

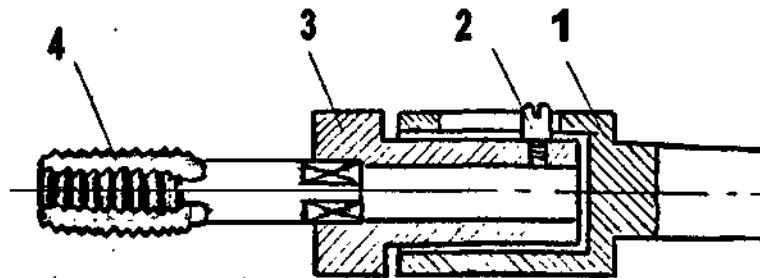


Рис.5 Качающаяся самовыдвижная оправка (метчикодержатель).

1 – корпус с хвостовиком, 2 – штифт, 3 – подвижная оправка, 4 – метчик.

Оправка устанавливается конусным хвостовиком корпуса 1 в пиноль задней бабки токарного станка или в шпиндель сверлильного, а метчик 3 вставляется хвостовиком в квадратное гнездо подвижной части 2 оправки. При вращающейся заготовке метчик вводится в отверстие и легко подается. Как только заборный конус нарежет две-три нитки, дальнейший поджим метчика не требуется – он будет сам ввинчиваться в резьбу, и подвижная часть 2, следуя за метчиком, будет выдвигаться из корпуса 1. При отсутствии специальной оправки можно пользоваться слесарным воротком, который насаживается на квадратный хвостовик метчика. Схема работы по нарезанию резьбы при помощи воротка показана на рис. 6.

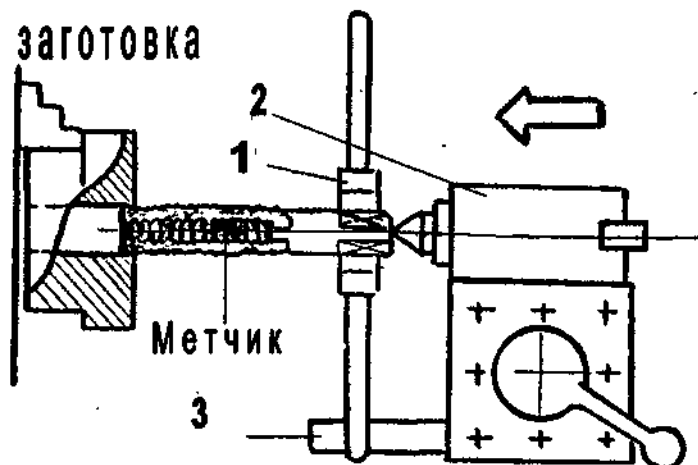


Рис. 6 Нарезание резьбы метчиком при помощи воротка.
1 – вороток, 2 – державка с центром, 3 – упорная планка

При нарезании резьбы метчиком некоторый слой металла выдавливается из впадины резьбы и уменьшает диаметр отверстия. Это затрудняет нарезание резьбы. Поэтому диаметр отверстия под резьбу делают чуть больше внутреннего диаметра резьбы.

Метчиками получают резьбу в отверстиях, применяя один из следующих методов:

- 1) Нарезание вручную комплектом ручных метчиков;
- 2) Нарезание на станке машинным метчиком;
- 3) Нарезание на станке с последующей калибровкой ручным метчиком.

Нарезание вручную допускается при небольшом выпуске деталей. Число метчиков в комплекте (два-три) зависит от размера резьбы (диаметр, шаг), характера отверстия (сквозное или глухое) и от материала детали. Обычно при диаметре резьбы в глухом отверстии свыше 10 мм и в сквозном – свыше 14 мм, предусматривают нарезание в три прохода (три метчика).

С увеличением выпуска деталей нарезание переводят на станок. Машинные метчики отличаются от ручных в основном несколько большей длиной заборной части и формой хвостовика. Поэтому иногда на станках пользуются ручными метчиками. В один проход (одним метчиком) нарезают резьбу диаметром до 24 мм.

Нарезание резьбы на станке требует обеспечивать условия для совпадения оси метчика с осью отверстия, для чего применяют плавающее крепление метчика (рис. 5). Жесткое закрепление метчика допускают на автоматах и револьверных станках, где отверстие под резьбу и резьба получаются в одной операции при одной установке детали.

Скорость резания при нарезании резьбы метчиком принимается 7-15 м/мин.

Нарезание метчиком дает резьбу не выше 2-го класса точности. Получение большей точности требует особых мер. Надежным средством получения стабильного качества резьбы является калибровка после нарезания. В качестве калибровочного обычно берут новый метчик, а нарезание ведут метчиком, изношенным при калибровке (этим обеспечивается малый припуск на калибровку).

3. Нарезание наружной резьбы круглыми плашками

Плашки применяются для нарезания на наружной поверхности резьбы треугольного профиля с шагом до 2 мм. Иногда плашки применяют для калибрования резьбы круглого шага, предварительно нарезанной резцом. Плашка (рис. 7) представляет собой гайку, изготовленную из

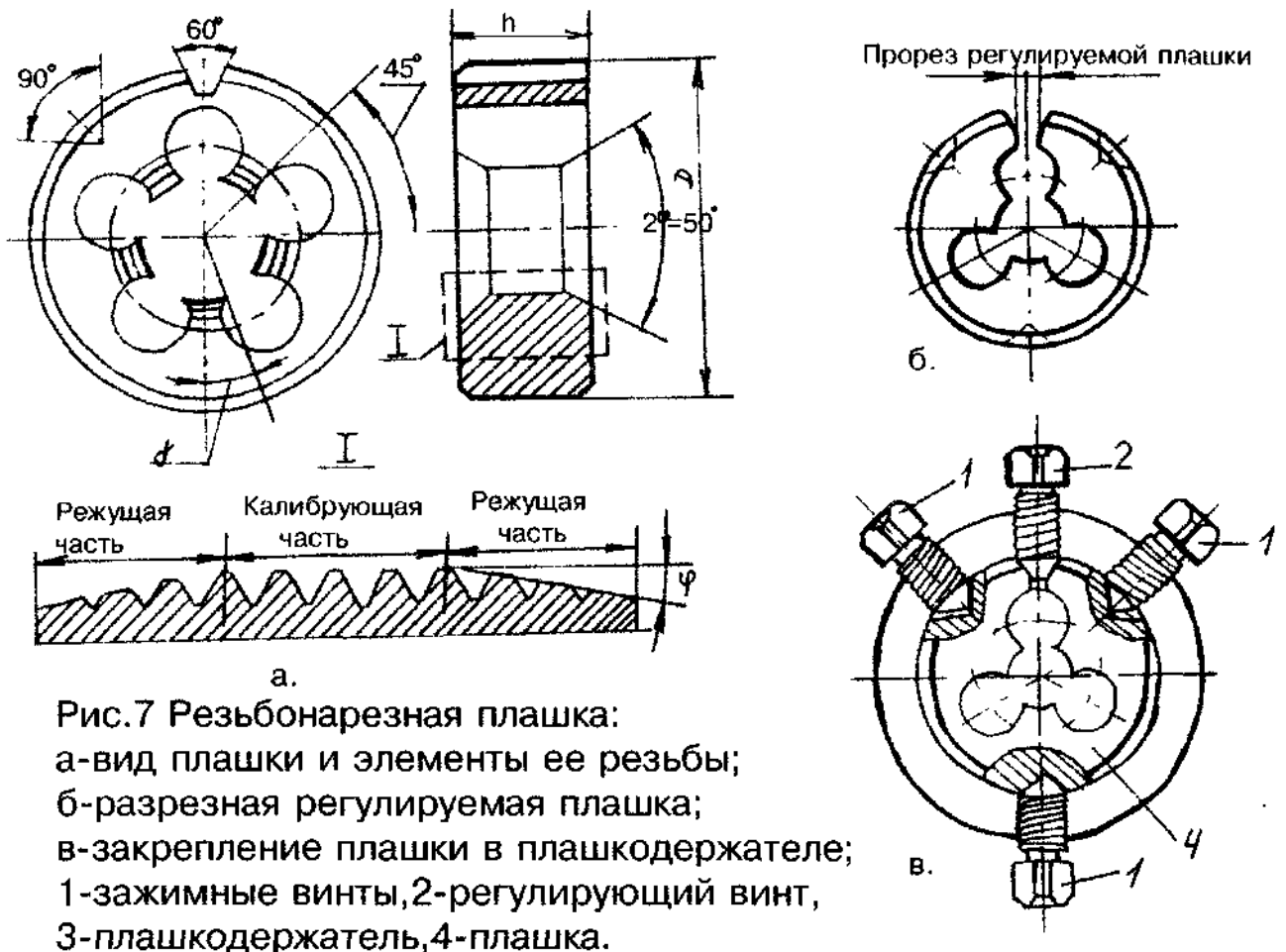


Рис.7 Резьбонарезная плашка:
 а-вид плашки и элементы ее резьбы;
 б-разрезная регулируемая плашка;
 в-закрепление плашки в плашкодержателе;
 1-зажимные винты, 2-регулирующий винт,
 3-плашкодержатель, 4-плашка.

инструментальной стали и имеющую такую резьбу, для нарезания которой она предназначена.

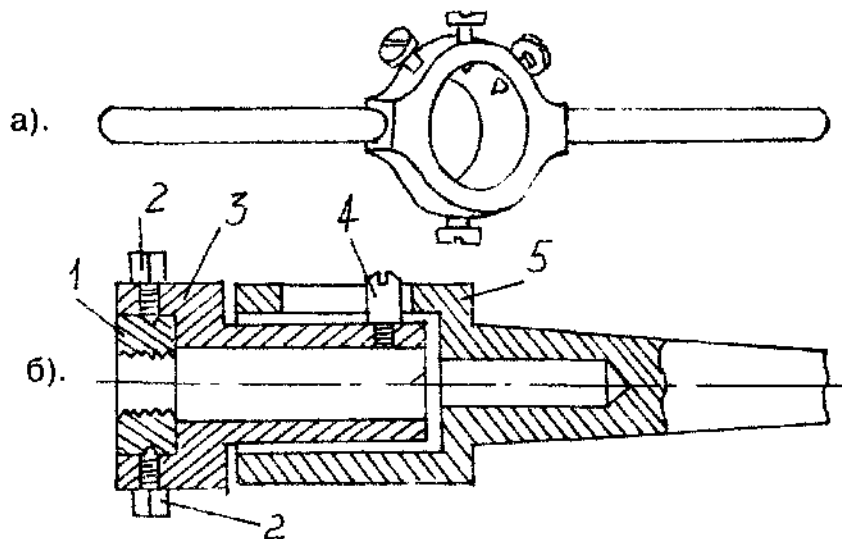


Рис.8. Плашкодержатели.
 а-ручной; б-самоустанавливающийся, машинный.
 1-плашка, 2-винт, 3-подвижная оправка, 4-штифт, 5-корпус с хвостовиком

В этой гайке в зависимости от ее размеров просверлено 3-8 осевых отверстий, пересекающих резьбу. На пересечении поверхностей отверстий с поверхностью резьбы образуются режущие гребенки, за счет фасок на

гребенках под углом φ формируется заборный конус А, который выполняет работу резания. Цилиндрическая часть резьбы – калибрующая часть Б плашки (5-6 ниток), которая калибрует резьбу по размеру и шероховатости. Плашки используют с двух сторон: после износа заборного конуса с одной стороны плашку поворачивают в плашкодержателе и работу ведут другой стороной.

Плашка крепится в ручном плашкодержателе – воротке (рис. 8, а) или в самоустанавливающемся плашкодержателе (рис. 8, б), который вставляется в пиноль задней бабки, в головку револьверного станка или другое устройство.

В зависимости от износа плашки и вязкости металла заготовки размер резьбы можно регулировать по диаметру, для чего в плашке делают прорезь и регулируют винтами 1 и 2 плашкодержателя (см. рис. 7, в).

При нарезании резьбы плашкой, закрепленной в воротке, плашку подводят к заготовке, поджимая вороток 1 торцом пиноли задней бабки или упором 2, закрепленным в резцедержателе, а рукоятку воротка упирают в планку 3, которая также закреплена в резцедержателе (рис. 9). После нарезания резьбы на всю длину плашка свинчивается с заготовки при реверсировании вращения шпинделя.

Нарезание резьбы плашками выполняется со скоростью резания 2-4 м/мин по стали и до 10 м/мин по цветным металлам.

Круглыми плашками нарезают наружную резьбу как вручную, так и на станках. Поскольку нарезание ведут в один проход, плашки мало пригодны для резьб с крупным шагом. Как и метчики плашки закрепляют в державках и патронах жестких либо плавающих.

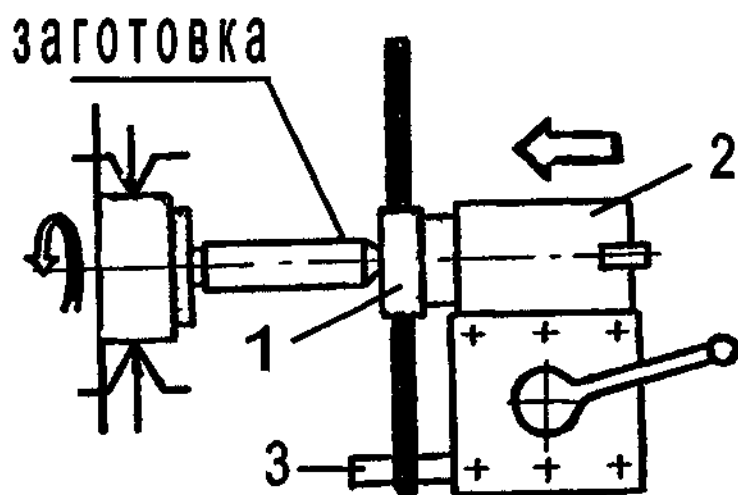


Рис. 9 Нарезание резьбы плашкой, закрепленной в плашкодержателе.

1 – плашкодержатель, 2 – державка, 3 – упорная планка.

Новая плашка при нормальных условиях работы должна нарезать резьбу 2-го класса точности; практически точность изготовления резьб плашкой соответствует 3-му классу точности.

4. Нарезание наружной резьбы резьбонарезными головками

В серийных и массовых производствах вместо плашек пользуются самораскрывающимися резьбонарезными головками. Это основной инструмент, применяемый в операциях, выполняемых на револьверных станках и автоматах. Режущий инструмент, применяемый в головках, называют гребенкой. Наибольшее распространение получили головки с круглыми гребенками как более экономичные (рис. 10).

В корпусе 1 головки имеются радиальные пазы, в которых скользят кулочки с закрепленными на них резьбовыми дисковыми гребенками 2. Корпус головки закрепляется хвостовиком, например, в задней бабке токарного станка, и подачу для врезания гребенок осуществляют маховичком задней бабки. Дальнейшая подача головки происходит самозатягиванием вдоль оси. После нарезания резьбы на полную длину головку раскрывают поворотом рукоятки 3 (гребенки радиально расходятся) и отводят от нарезанного стержня без вывинчивания. Скорость резания при нарезании резьбы головками 15-20 м/мин. Нарезание головкой дает резьбу 2-го класса точности, головки обладают высокой стойкостью, допускают большое число переточек и обеспечивают производительность в 2-4 раза большую, чем при нарезании круглой

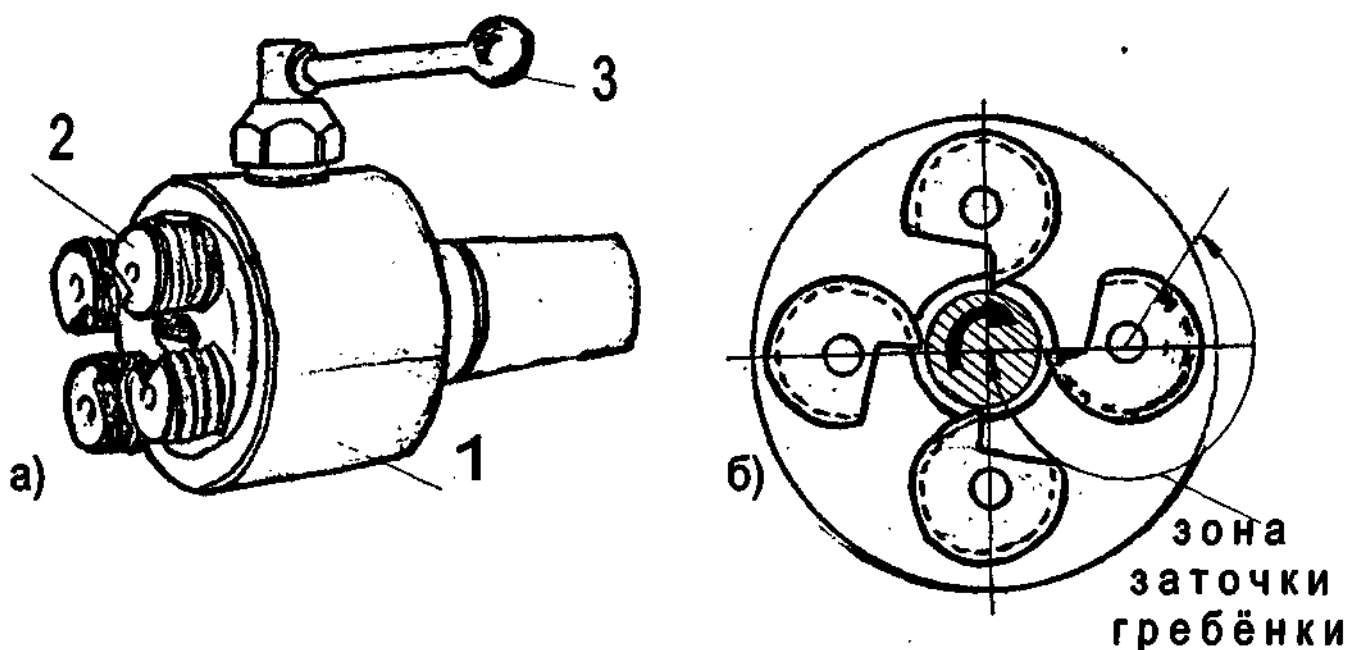


Рис. 10 Самораскрывающаяся резьбонарезная головка.

а – общий вид, б – схема работы гребенок;

1 – корпус, 2 – дисковая гребенка, 3 – рукоятка механизма раскрывания головки.

плашкой.

5. Нарезание резьбы резцами неподвижно закрепленными в суппорте.

Нарезание резьбы резцами чаще всего производят на токарно-винторезных станках.

Для нарезания резьбы резцом на токарном станке необходимо обеспечить жесткую кинематическую связь между вращением шпинделя 2 (а с ним и заготовки 1) и перемещением резца 6, таким образом, чтобы за один оборот заготовки (детали) перемещение резца равнялось шагу резьбы S (рис. 11). Эту связь обеспечивает гитара сменных зубчатых колес 3, ходовой винт 4 и разъемная гайка 5. Разъемная гайка состоит из двух половинок (полугаек) 1 и 2 (рис. 12), которые при включении поступательного движения суппорта замыкаются в винте. У токарно-винторезных станков такая гайка находится в фартуке суппорта. Замыкание и размыкание полугаек осуществляется при помощи диска 3 со спиральными прорезями и пальцев 4, связанных с полугайками. Диск 3 поворачивают рукояткой 5.

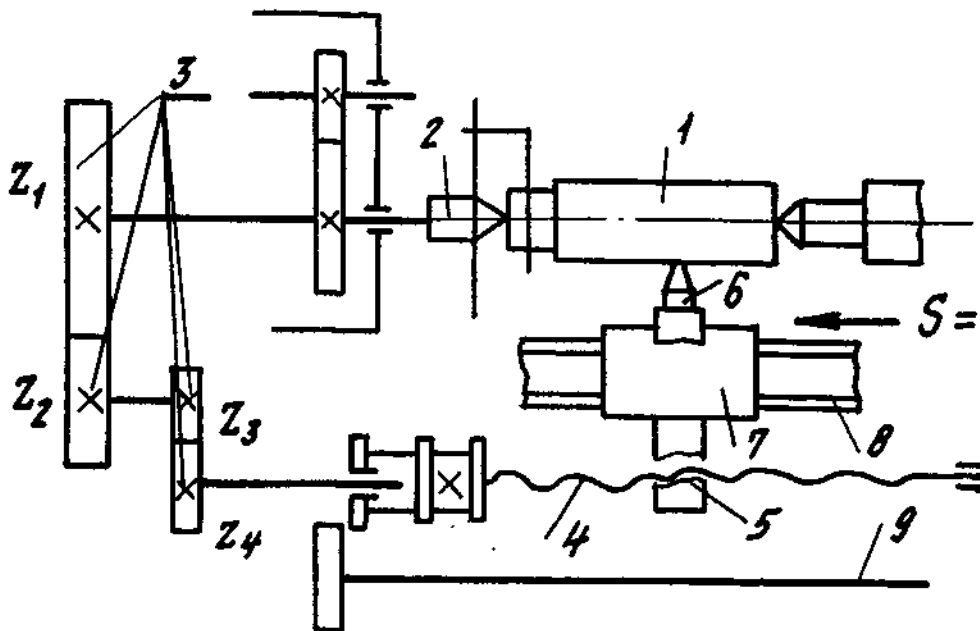


Рис.11 Схема нарезания резьбы резцом на токарно – винторезном станке.

1 – заготовка, 2 – дисковая гребенка, 3 – рукоятка механизма раскрытия головки, 4 – ходовой винт, 5 – разъемная гайка, 6 – резец, 7, 8 – суппорт.

ХОДОВОЙ ВИНТ

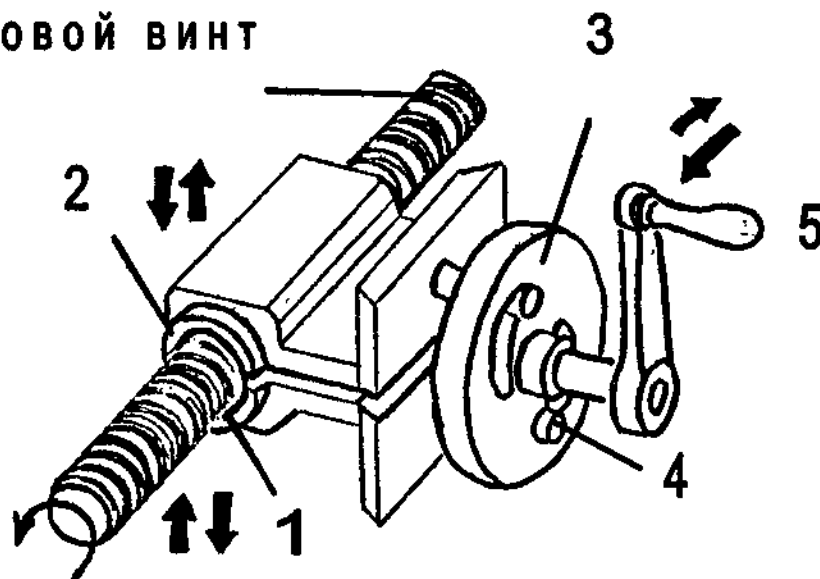


Рис.12 Конструкция разъемной гайки.

1,2 – полугайки, 3 – диск со спиральными прорезями,
4 – палец полугайки, 5 – рукоятка.

За один оборот ходового винта суппорт 7 (рис. 11) переместится на шаг этого винта $S_{х.в.}$, резьбу заданного шага S_p получают при условии $S_p = S_{х.в.} n_{х.в.}$, где $n_{х.в.}$ – число оборотов ходового винта. $n_{х.в.}$ зависит от числа оборотов в минуту шпинделя $n_{ш.п.}$ и передаточного отношения i передачи 3 от шпинделя к ходовому винту: $n_{х.в.} = n_{ш.п.} i$ или $S_p = S_{х.в.} n_{ш.п.} i$.

Резьбовые резцы бывают быстрорежущие и твердосплавные для нарезания наружных и внутренних резьб. Профиль резьбового резца соответствует профилю нарезаемой резьбы, для метрических резьб угол профиля 60° . В процессе резания возможна некоторая “разбивка” профиля резьбы. Поэтому фактически профиль резца занижается: для резцов из быстрорежущей стали на $10-20'$, для твердосплавных резцов на $20-30'$. Передний угол γ для чистовых резцов принимается равным нулю, а для черновых $5-10^\circ$. Задний угол α_1 и α_2 принимается $3-5^\circ$, что автоматически образует задний угол при вершине резца $\alpha = 12-15^\circ$ (рис.13).

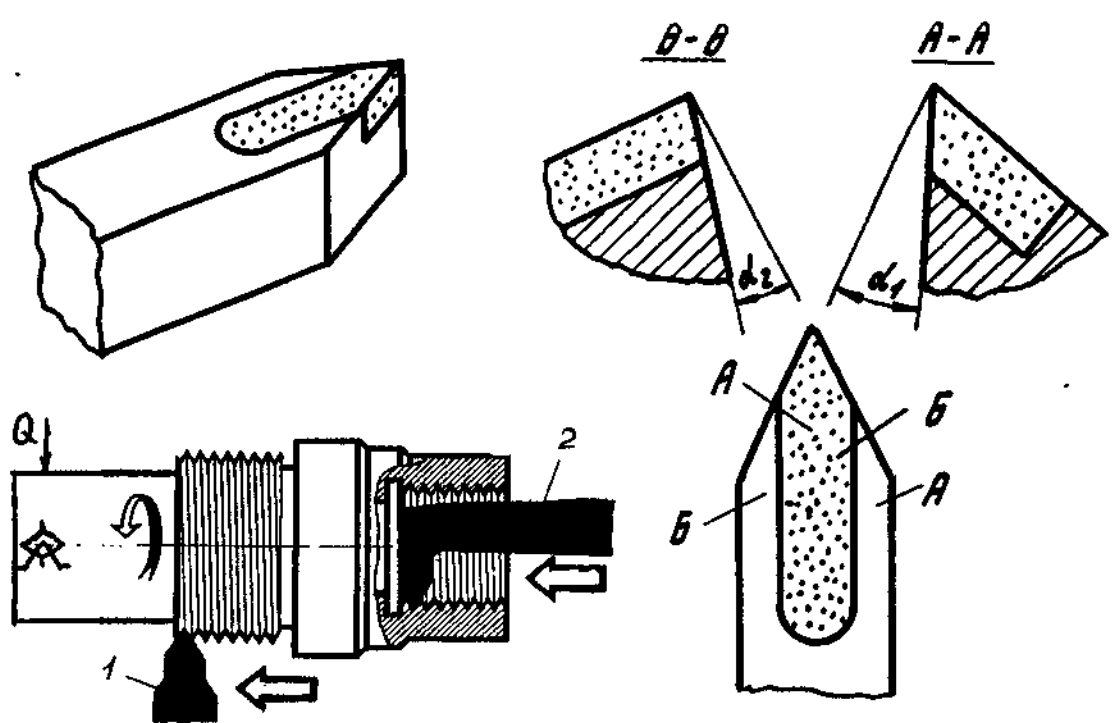


Рис. 13. Однониточный стержневой резьбовой резец.

Для уменьшения числа и упрощения процесса переточек, а также сокращения времени на замену резца широко применяют призматические и дисковые резьбовые резцы (рис. 14).

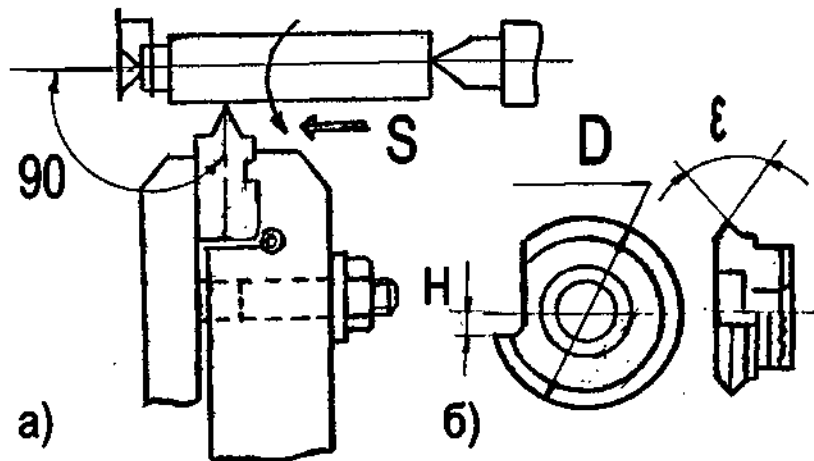


Рис. 14. Резьбовые резцы, затачиваемые по передней поверхности.

а – призматический, б – дисковой.

Для повышения производительности труда применяют резьбовые гребенки, по профилю напоминающие метчик, т.е. имеющие заборную часть с постоянно возрастающей высотой элементарных резьбовых резцов и калибрующую часть (рис.15). Таким инструментом резьба нарезается на полный профиль за один ход. В конструкции детали необходимо предусматривать место для выхода такого инструмента.

Процесс нарезания резьбы. Установку резца производят по шаблону (рис.16). Передняя поверхность его устанавливается в плоскости проходящей через ось детали. Биссектриса угла профиля резца должна быть перпендикулярна оси нарезаемой поверхности. Для этого пользуются шаблоном (рис.16 а и б). Шаблон прикладывают к заготовке на уровне ее оси, и резец вводят в профильный вырез шаблона. Правильное положение режущих кромок резца проверяют на “просвет” по шаблону, затем резец закрепляют и убирают шаблон.

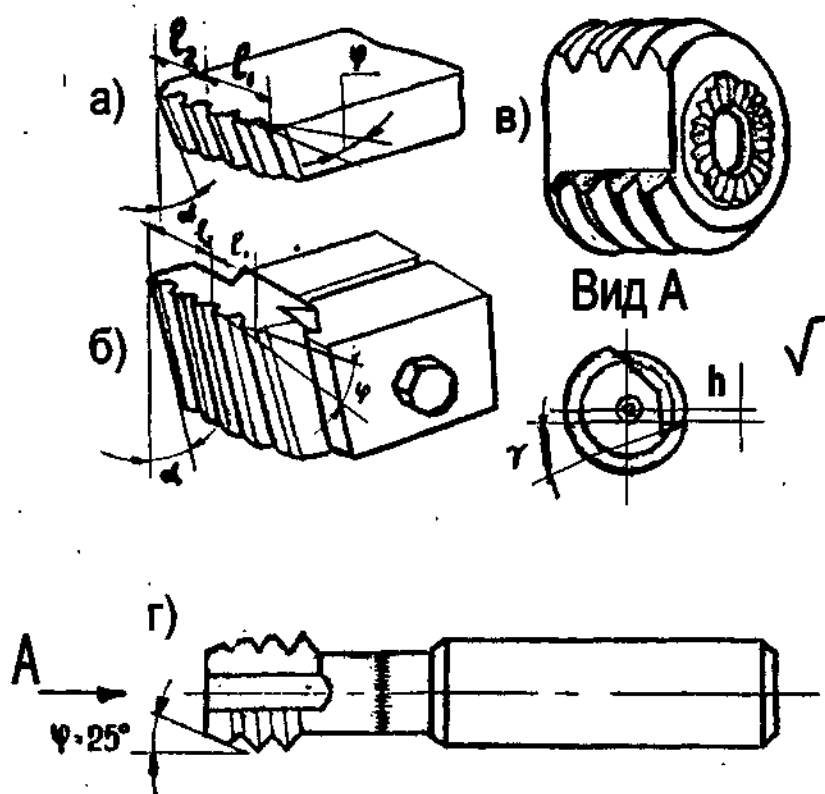


Рис.15 Резьбовые гребенки:

а) стержневая, б) призматическая, в) круглая для наружных резьб, г) круглая для внутренних резьб, 1 г - заборная часть гребенки.

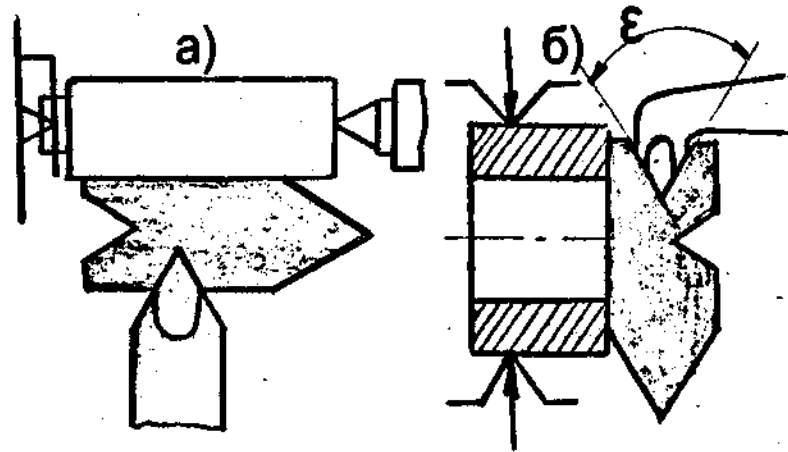


Рис.16 Установка резьбового резца по шаблону

- а) при нарезании наружной резьбы
- б) при нарезании внутренней резьбы

Рабочие ходы при нарезании резьб резцом. Резьбу нарезают за несколько рабочих ходов: после каждого хода резец выводят из канавки, суппорт возвращают в исходное положение и вновь начинают ход. Число ходов и глубина врезания для каждого хода зависят от шага нарезаемой резьбы и материала резьбового резца. Например, для резьбы шага 2 мм при нарезании резьбы резцом Р18 рекомендуется 5-6 черновых и 3 чистовых хода, при нарезании твердосплавным резцом – 3 черновых и 2 чистовых хода. Для осуществления серии ходов применяют три схемы врезания: поперечное (17,а) и боковое (рис.17,б) врезание, а также комбинированная схема врезания.

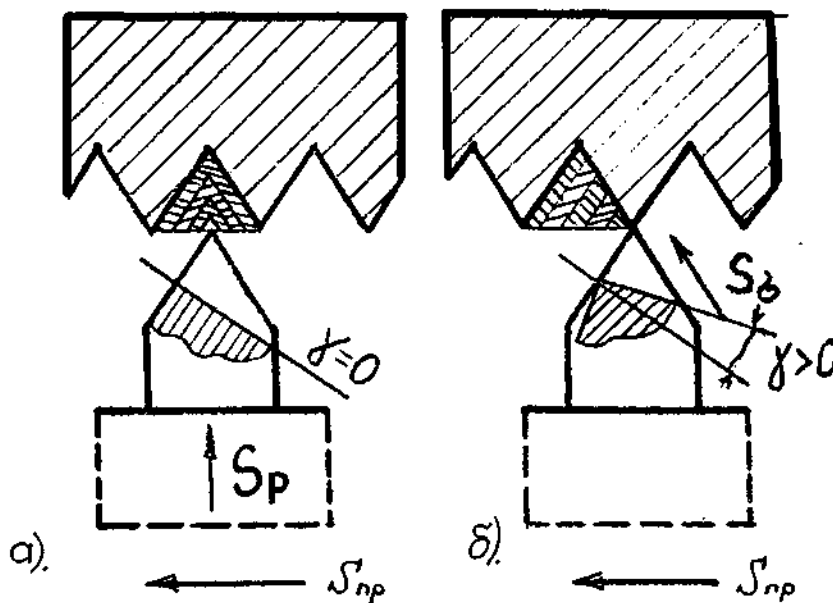


Рис. 140 Схема врезания резцов.

- а) поперечное, б) боковое.

П о п е р е ч н о е в р е з а н и е осуществляется при нарезании резьб с шагом $S \leq 2-2,5$ мм. В резании участвуют одновременно правая и левая режущие кромки и вершина резца. Это затрудняет процесс стружкообразования, требует значительных усилий при резании, вызывая интенсивный износ вершины резца. Однако, точность профиля высокая.

Б о к о в о е в р е з а н и е применяют при нарезании резьб с шагом $S > 2-2,5$ мм, при этом резец подается не перпендикулярно к оси детали, а под углом, равным половине угла профиля резьбы. При нарезании по этой схеме значительно улучшаются условия работы: меньше деформируется и свободно выходит из зоны резания стружка, увеличивается стойкость резца. Однако, уменьшается точность профиля.

К о м б и н и р о в а н н у ю с х е м у врезания применяют для увеличения точности резьбы и стойкости инструмента. По этой схеме черновые хода выполняют с боковой подачей, а чистовые с поперечной.

Н а р е з а н и е л е в о й р е з ь б ы осуществляется при вращении ходового винта в сторону, противоположную вращению шпинделя. При нарезании левых резьб врезание производят слева и суппорт с резцом перемещают слева направо – от передней бабки к задней.

Р е ж и м ы н а р е з а н и я. Глубина резания определяется числом рабочих ходов. Подача равняется шагу резьбы, а при нарезании многозаходной резьбы – ходу резьбы, т. е. $K \cdot S$, где K – число заходов.

Скорость резания зависит от обрабатываемого материала и материала резьбового резца: при обработке стали твердосплавными резцами составляет 100-150 м/мин. Для чистовых ходов скорость резания увеличивают в 1,5-2 раза. Для внутренних резьб скорость резания уменьшается на 20-30%.

Замечание. При нарезании длинных резьб целесообразно возвращать суппорт в исходное положение вручную или автоматической подачей ускоренным перемещением суппорта при разомкнутой гайке. Однако, при этом резец может не попасть в нитку резьбы после каждого прохода. Если шаг ходового винта делится без остатка на шаг нарезаемой резьбы, то резец будет попадать в нитку в любом положении суппорта. Если шаг ходового винта не делится на шаг резьбы без остатка, то суппорт возвращают в исходное положение при ускоренном обратном вращении шпинделя, не размыкая гайку.

6. Нарезание многозаходных резьб.

Нарезание многозаходной резьбы является одной из наиболее трудоемких операций, так как при этом много времени затрачивается на точный поворот детали перед обработкой каждой очередной винтовой канавки (нитки).

Существует несколько способов деления заготовки при нарезании многозаходной резьбы. Рассмотрим наиболее производительные из них.

I. Поворотом заготовки.

а) Весьма просто осуществить деление при помощи поводкового патрона с несколькими пазы (рис.18 , а). Число пазов должно равняться числу ходов винта или быть кратным этому числу. После нарезания одной нитки резьбы заготовку снимают с центров и снова ставят на них таким образом, чтобы хомутик попал в следующий паз поводкового патрона. Затем нарезают вторую нитку.

б) Большое распространение нашел способ нарезания многозаходных резьб при помощи специального делительного патрона (рис.18 , б). Патрон состоит из двух дисков. Первый диск жестко закреплен на шпинделе станка. Вторым, в котором при помощи хомутика и скобы крепится заготовка, может поворачиваться относительно первого на любой угол. На первом диске имеется риска, а на втором нанесено 360 делений через 1° .

Например, если требуется нарезать 3-х заходную резьбу, то после каждого захода второй диск вместе с заготовкой поворачивают на угол, равный $\frac{360}{3} = 120^\circ$, и затем жестко связывают болтами оба диска.

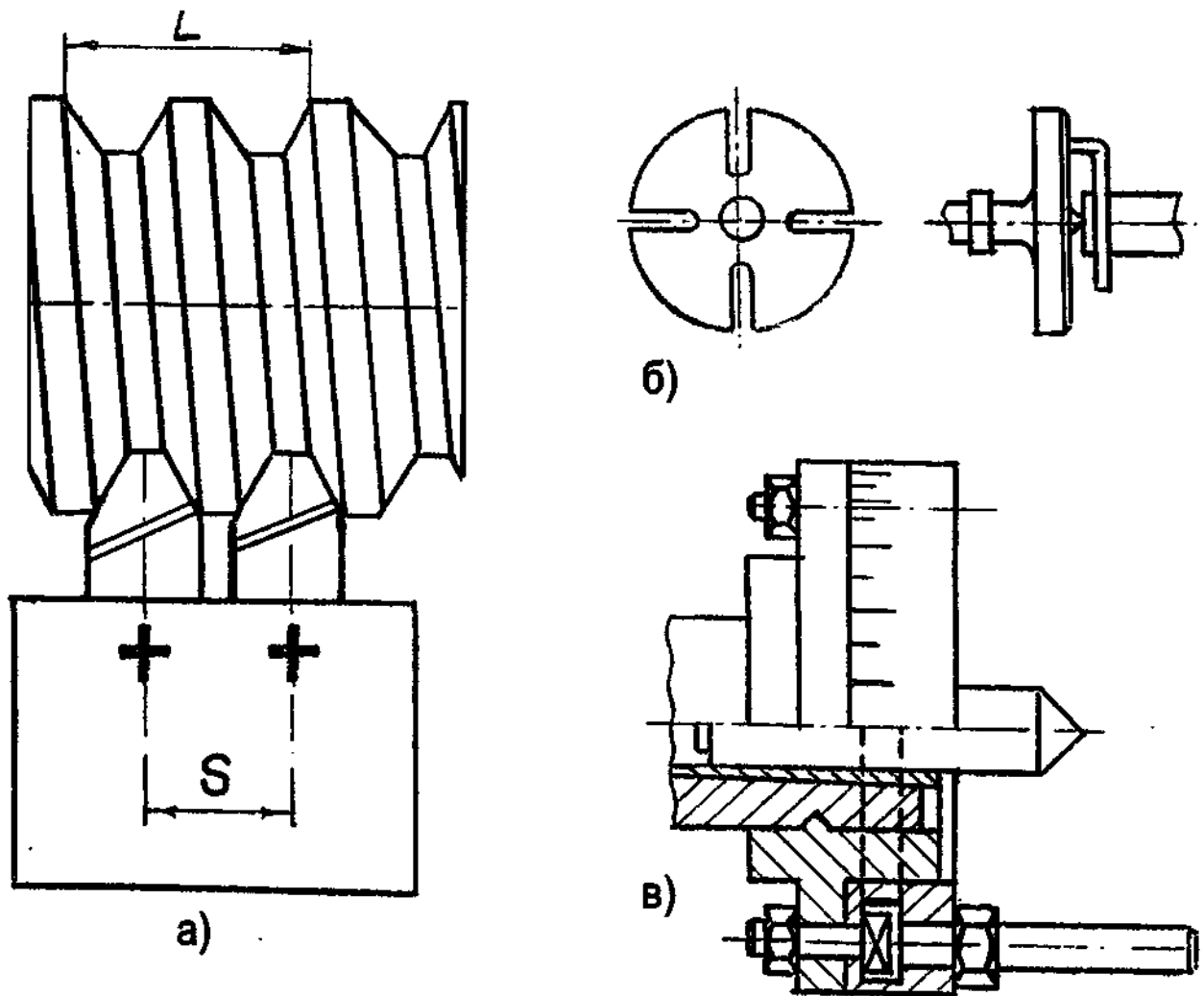


Рис. 18 Нарезание многозаходной резьбы

Этот способ деления применяют для деталей, которые можно обрабатывать в центрах.

в) Переставкой одного из зубчатых колес винторезной цепи на необходимое число зубьев. При этом шпиндель с деталью поворачивается на $\frac{1}{K}$ оборота, где K – число заходов резьбы. Чаще всего делительным зубчатым колесом является ведущее зубчатое колесо шпинделя. В этом случае число его зубьев должно быть кратно числу заходов нарезаемой резьбы.

II. При одновременном нарезании многозаходной резьбы несколькими резцами, установленными в специальных державках, деление обеспечивается автоматически. При нарезании двухзаходных ходовых винтов пользуются резцедержателем (рис.18, в), в котором закреплены два резца. Устанавливаются они по шаблону на расстоянии, точно соответствующему шагу между заходами. Таким образом, оба резца нарезают одновременно две канавки. Очевидно, что для обработки трехзаходной резьбы можно было бы таким же образом установить и три резца.

III. Применением многопрофильных резьбовых гребенок. В этом случае все заходы резьбы нарезаются одновременно. Ход резьбы обеспечивается подачей суппорта, шаг – шагом гребенки.

Второй и третий способы наиболее производительны. Ограничивают их применение:

1) необходимость достаточного пространства для выхода блока резцов или гребенки;

2) значительные деформации из-за многопрофильного резания;

3) трудность точного изготовления блоков и гребенок.

IV. Перемещением верхних салазок суппорта после прорезки одного захода. Перемещение осуществляется в осевом направлении на величину, равную шагу резьбы. Этот способ достаточно производителен, но не обеспечивает высокой точности деления на заходы. Для повышения точности перемещения салазок применяют индикаторы, контролирующие точность перемещения.

7. Нарезание точной резьбы с использованием коррекционной линейки.

При нарезании точных (отсчетных) резьб на токарно-винторезном станке на точность шага резьбы влияют точность шага ходового винта, а также точность изготовления и сборки зубчатых колес винторезной цепи. Для компенсации погрешности шага применяют специальную коррекционную линейку (рис. 19), профиль которой строится по результатам проверки точности перемещения суппорта относительно вращающейся заготовки.

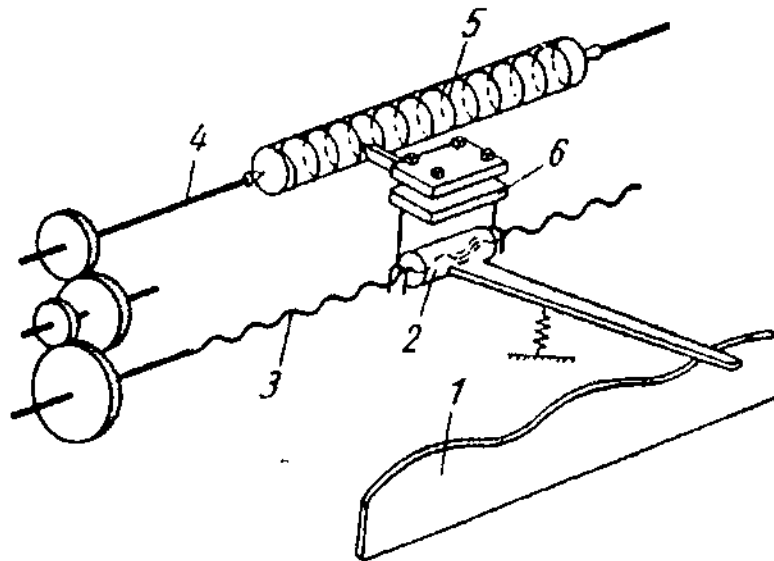


Рис.19. Схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке с применением коррекционной линейки.

При вращении шпинделя 4 с заготовкой 5 вращается ходовой винт 3. Маточная гайка 2 через рычаг упирается в коррекционную линейку 1. В зависимости от профиля линейки (подъем или спад) маточная гайка (кроме продольного перемещения) имеет дополнительно доворот в ту или другую сторону, соответственно ускоряя или замедляя продольное движение суппорта, несущего резцедержатель 6. Таким образом, шаг нарезаемой резьбы получается равномерным.

Глава 2

Нарезание окулярной резьбы.

Окулярная резьба относится к резьбам специального назначения, имеет укороченный профиль с углом 60° и применяется в оправках объективов и окуляров для обеспечения значительных осевых перемещений оправ при небольших (менее 360°) углах их относительного разворота.

Параметры окулярной резьбы регламентированы ГОСТ5359-77, основные размеры в таблице 1. Рекомендуемое число заходов окулярной резьбы 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, однако на практике часто применяют резьбы с нечетным числом заходов 3, 5, 7, 11. Стандартом установлены обозначения окулярной резьбы на чертежах. Допуски на размеры окулярной резьбы установлены ГОСТ5359-77, кроме того, к окулярной резьбе часто предъявляются весьма жесткие требования соосности

(порядка 0,01-0,05 мм.) с резьбовыми и цилиндрическими поверхностями детали, и наконец, после окончательной обработки резьбы, сборки оправ («винт – гайка»), резьбовое соединение должно удовлетворять заданным допускам по осевой и радиальной качке. (см Приложение 1)

Поверхности под нарезание окулярной резьбы обрабатывают по 3-му классу точности и 7-му классу шероховатости. Порядок обработки оправ с внутренней и наружной окулярной резьбой следующий:

Сначала обрабатывают партию оправ, имеющих внутреннюю («гайка»). Контроль нарезанной резьбы осуществляется резьбовыми калибрами-пробками.

Таблица 1.
Основные параметры и размеры окулярной резьбы (ГОСТ5359-77),мм.

шаг Р	Глубина T1-t1'	рабочая высота витка t2	Зазор z=z'	Ширина впадины M=m'
1,5	0,6	0,55	0,05	0,38
2	0,75	0,7	0,05	0,54

Затем обрабатывают наружную окулярную резьбу на оправках («винтах»), которые должны сопрягаться по резьбе и в дальнейшем работать с оправками первой партии. При этом «винты» обрабатывают по «гайкам», которые используют как «калибры». Винт обрабатывают до тех пор, пока «гайка» не будет навинчиваться на него с определенным усилием. Таким образом, одновременно с обработкой наружной резьбы происходит подбор пар оправ, которые потом притираются, для чего оставляют припуск порядка 0,01-0,015мм.

Для требуемой плавности хода и отсутствие зазоров в окулярной резьбе на нее обычно не наносят защитных покрытий в отличии от других поверхностей оправ.

Поэтому операцию изготовления окулярных резьб, как правило, выполняют после нанесения покрытий. Основным способом обработки окулярной резьбы является нарезание с помощью резцов и гребенок на токарно-винторезных, токарных, револьверных и специализированных полуавтоматах.

Токарно-винторезные станки используют для нарезания однозаходных и многозаходных (с числом заходов не более 10) окулярных резьб в условиях мелкосерийного производства. В зависимости от величины шага и числа заходов станок настраивают на нарезание винта с шагом P_n , равным ходу окулярной резьбы:

$$P_n = P_{op} \cdot n,$$

где P_{op} – шаг окулярной резьбы, n – число заходов.

Скорость вращения шпинделя устанавливают в зависимости от хода нарезаемой резьбы; чем больше ход, тем меньше скорость. Это обусловлено тем, что при больших скоростях резания и большом ходе резьбы усилие резания достигает значений, которые могут привести к нежелательным деформациям оправ. Из тех же соображений выбирают количество проходов, а, следовательно, и глубину резания. Так одну нитку шестизаходной окулярной резьбы нарезают за 10 проходов, а двухзаходной за 6-7 проходов. На первых 3-4 проходах глубина резания составляет 0,1-0,2 мм., а на последующих 2-3 проходах уменьшается до 0,05мм., а последние 2-3 прохода выполняются без радиальной подачи инструмента (глубина резания равна нулю), т.е. происходит выхаживание, которое улучшает качество поверхности резьбы и уточняет средний диаметр.

На токарных станках резьбу нарезают резцами и гребенками, обычно используют однозубые и двухзубые гребенки. Если резьба нарезается в сквозном отверстии, т.е. есть достаточное место для выхода гребенки (то же для наружной резьбы), то используют двухзубую гребенку, если же в оправе не предусмотрена канавка для выхода двухзубой гребенки, то обработку ведут однозубой гребенкой.

При нарезании резьбы однозубой гребенкой на первом переходе обрабатывается впадина одной нитки, затем после деления на заход – второй и т. д. Двухзубой гребенкой на первом переходе обрабатываются две соседние нитки (каждый зуб прорезает свою впадину), на всех последующих переходах первый зуб нарезает новую впадину, а второй калибрует впадину нарезанную первым зубом на предыдущем переходе. Поэтому износ первого зуба гребенки, который выполняет основную работу изнашивается весьма интенсивно, оказывает меньшее влияние на точность обработки, чем такой же износ однозубой гребенки.

Окулярную резьбу на токарно-винторезных станках нарезают за несколько переходов, число которых равно числу заходов нарезаемой многозаходной резьбы. После каждого перехода, т.е. после нарезания одной нитки, производят деление на заход, для чего применяют делительные патроны или другие устройства, обеспечивающие поворот заготовки на соответствующую часть окружности перед нарезанием каждого нового захода.

Обычно применяют универсальные ручные делительные патроны, состоящие из планшайбы, установленной на шпинделе и поворотного диска с 360 делениями, равномерно расположенных по окружности. Поворот диска на необходимое число делений производят относительно нулевой риски, нанесенной на планшайбе, при опущенных гайках, служащих для затяжки болтов, головки, которых входят в Т-образные пазы диска. При трехзаходной резьбе производят поворот детали на 120°, при пятизаходной на 72° и т.д. Поводковый хомутик, связывающий диск с установленной в центрах деталью, своим изогнутым концом должен без зазора входить в паз диска.

При отсутствии делительных устройств производят перемещения резца вдоль оси шпинделя на величину одного шага с помощью верхнего суппорта. Точное перемещение резца выполняется с использованием набора плоско - параллельных мер.

По-иному нарезается окулярная резьба на токарных станках типа «Ауэрбах», оснащенных специальным устройством (рис. 20) для автоматического деления на заходы и относительного продольного перемещения инструмента с заданным ходом нарезаемой резьбы.

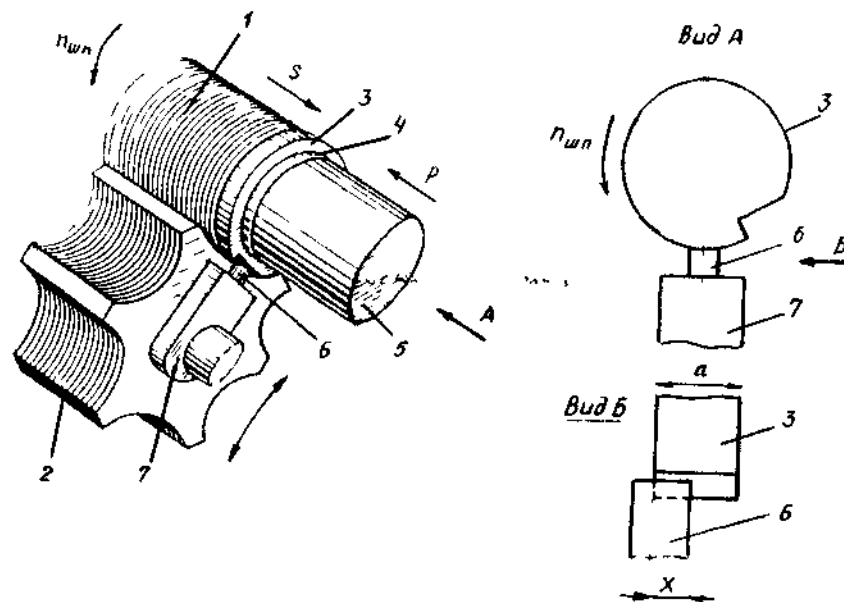


Рис.20 Механизм деления для нарезания окулярной резьбы.

На валу шпинделя 5 станка закреплены резьбовой барабан 1 (жестко) и фрикционно (через муфту 4) кулачок 3. Муфта отрегулирована так, что для поворота кулачка 3 необходим значительный момент.

На станине закреплена звездочка 3, которая может находиться в двух положениях: в рабочем (когда она подведена к резьбовому барабану 1) и в не рабочем (когда она отведена от барабана). Вдоль оси шпинделя звездочка перемещаться не может. Впадина звездочки, обращенная к барабану представляет собой участок резьбовой поверхности гайки, сопрягаемой с резьбой барабана 1. На звездочке неподвижно закреплен хомутик 7 с пальцем 6. Для нарезания резьбы звездочка подводится к барабану 1 палец 6 упирается в кулачок 3 и препятствует зацеплению, вращающегося барабана со звездочкой. Усилия, с которым палец давит на кулачок, не достаточно для поворота кулачка относительно вала шпинделя. Поэтому кулачок вращается вместе со шпинделем до тех пор, пока палец

не войдет во впадину кулачка. В этот момент происходит зацепление барабана и звездочки, и вал шпинделя начинает поворачиваться относительно кулачка 3, т.к. кулачок удерживается от поворота пальцем 6.

Войдя в зацепление с неподвижной звездочкой, вращающийся вместе со шпинделем резьбовой барабан получает осевое перемещение и, преодолевая усилие P возвратной пружины отжатия, перемещает шпиндель (по стрелке S). На шпинделе закреплена обрабатываемая оправа, которая при осевом движении шпинделя подается на инструмент, закрепленный в неподвижном резцедержателе. Шаг резьбового соединения звездочка-барабан, обеспечивающего осевую подачу шпинделя и детали, равен ходу нарезаемой окулярной резьбы. Следовательно, за один оборот шпинделя деталь перемещается относительно инструмента на величину хода нарезаемой резьбы. Поскольку полный профиль нарезаемой резьбы нарезается в несколько проходов, то в начале обработки инструмент выставляется на заданную глубину резания, на которую при первом замыкании звездочки и барабана прорезается первая нитка. Нитка нарезается по всей длине резьбы, после чего звездочка отводится от барабана и усилием P возвратной пружины шпиндель возвращается в исходное положение. Выше указывалось, что одновременно с замыканием звездочки и барабана и началом нарезания первой нитки кулачок стопорится пальцем 6 и вал шпинделя проворачивается относительно кулачка 3.

Поскольку кулачок 3 перемещается вместе со шпинделем относительно неподвижного пальца 6, то угол φ относительно поворота кулачка и вала шпинделя будет определяться величиной X перекрытия кулачка и пальца в момент замыкания звездочки и барабана. Как только шпиндель переместится на величину X кулачок выйдет из зацепления с пальцем и начнет вращаться вместе со шпинделем. При вторичном замыкании звездочки с резьбовым барабаном на оправе будет нарезаться вторая нитка, начало которой будет смещено относительно начала первой нитки на величину угла φ .

Очевидно, что если нарезается резьба с числом заходов n , то угол φ должен быть равен $360/n$. Поворот оправы на угол φ соответствует осевому перемещению на величину, равную шагу резьбы. Следовательно, величина X перекрытия кулачка 3 и пальца 6 должно быть равно шагу нарезаемой резьбы. Для удобства настройки механизма деления на величину X ширину (a) кулачка 3 делают равной X . Так, при нарезании четырехзаходной окулярной резьбы с шагом $P=1.5\text{мм}$. ширина кулачка должна быть равной $1,5\text{мм}$. Для повышения прочности кулачка размер a может быть увеличен, но при этом ширина кулачка a должна определяться по формуле $a = X = k \cdot P \pm P$, где P - шаг, а k - целое число.

Нарезание профиля резьбы, как и на токарно-винторезных станках, выполняют за несколько проходов. Но в данном случае все нитки (заходы) последовательно прорезают на одну и ту же глубину, затем инструмент перемещают в радиальном направлении на величину, равную глубине

резания на втором переходе, и вновь до тех пор, пока не будет прорезан полный профиль всех ниток резьбы.

На токарно-револьверных станках окулярную резьбу нарезают с помощью гребенок, устанавливаемых в суппорте резьбонарезного устройства (приклоне). Продольная подача инструмента равная ходу нарезаемой резьбы, и автоматическое деление на заходы осуществляется с помощью механизма, работа которого аналогична работе механизма деления, применяемого на токарных станках. Резьбовой барабан (копир) и кулачок, как и в рассматриваемом выше устройстве, укреплены на валу шпинделя станка. Основное отличие заключается в том, что звездочка и стопорный палец механизма деления закреплены на приклоне. При замыкании звездочки и вращающегося резьбового барабана, приклон перемещается параллельно оси шпинделя, обеспечивая продольную подачу инструмента с шагом, равным шагу зубчатого барабана. Инструмент перемещается относительно вращающейся детали и нарезает одну нитку окулярной резьбы. Фрикционно укрепленный на валу шпинделя кулачок и стопорный палец производят автоматическое деление на заходы, точно так же, как и на токарном станке. Периодическая, после прорезания всех ниток резьбы, радиальная подача инструмента на глубину резания осуществляется в ручную с помощью механизма подачи, имеющегося в суппорте.

Окулярную резьбу иногда обрабатывают на специальных станках-полуавтоматах. На этих станках автоматизирован не только процесс деления на заходы, но и подача инструмента на глубину резания. Такие станки весьма эффективны при обработке больших партий оправ с внутренней окулярной резьбой («гаек»). Однако для обработки деталей с наружной резьбой («винтов»), которые, как указывалось ранее, подгоняют под обработанную «гайку», такая автоматизация не имеет смысла. Попытки независимой обработки винтов и гаек с точностью, позволяющей исключить индивидуальную подгонку и последующую притирку, пока не увенчались успехом.

Представляет интерес, применяемый на некоторых заводах способ нарезания верхней наружной окулярной резьбы методом обката на зубо-фрезерных станках специальными червячными фрезами. Процесс нарезания резьбы осуществляется при согласованном вращении фрезы и обрабатываемой детали и перемещением фрезы вдоль оси детали. Согласованное вращение (обкат) фрезы и детали и продольная подача фрезы обеспечиваются настройкой цепей деления, дифференциала и подач; за один оборот фрезы деталь перемещается на величину хода нарезаемой резьбы и поворачивается на k/n часть оборота (где k - число заходов фрезы, n - число заходов нарезаемой резьбы). За один заход все нитки резьбы прорезаются на полную глубину, и обеспечивается точное деление на заходы.

Таблица 2.

Таблица выбора гребенок для нарезания наружных окулярных резьб.

Обозначения Гребенок	Диаметры окулярной резьбы с шагом 1,5мм., нарезаемые гребенкой (в зависимости от числа заходов резьбы n)					
	n=2	n=3	n=4	N=6	n=8	n=10
Ø12x(1x1,5)	св.8	св.27	св.36	Св.54	св.72	св.90
Ø12x(2x1,5)	Ø 10-18	Ø 14-27	Ø 20-36	Ø 28-54	Ø 36,5-72	Ø 46-90
Ø12x(3x1,5)	Ø 7-9	Ø 10,5-13	Ø 14-18	Ø 21-27	Ø 28-36	Ø 35-45
Ø12x(4x1,5)		Ø 7,5-10	Ø 10-13,5	Ø 15-20	Ø 20-27,5	Ø 25-34

Нарезание окулярной резьбы производится специальными резцами и гребенками (призматическими и круглыми). Чаще других инструментов используются круглые гребенки. (Рис. 15)

Гребенки изготавливаются с числом заходов 1, 2, 3 и 4. Число заходов гребенки определяется в зависимости от диаметра и заходности нарезаемой резьбы (табл. 2). Геометрические параметры режущей части гребенки зависят от числа заходов (табл. 3).

Таблица 3.

Параметры режущей части гребенок.

Обозначение гребенок	Число заходов n	Ход t, мм	b	$\alpha^{\circ} \pm 12'$		$\Delta^{\circ} + 12'$	
				В осевом сечении	В нор- мальном сечении	В осевом сечении	В нор- мальном сечении
Ø12X(1X1,5)	1	1.5	7-0.36	63°35'	63°31'	32°17'	32°15'
Ø12X(2X1,5)	2	3	8.5-0.36		62°27'	32°34'	32°30'
Ø12X(3X1,5)	3	4.5	10-0.43		63°13'	32°51'	32°40'
Ø12X(4X1,5)	4	6	11.5-0.43		62°53'	33°08'	32°47'

В зависимости от направления витков и заточки режущей части гребенок последние разделяются на гребенки с левой резьбой и гребенки с правой резьбой (на производстве их часто называют левые и правые).

Гребенки с левой резьбой применяются для нарезания наружных правых и внутренних левых резьб, а гребенки с правой резьбой - для нарезания наружных левых и внутренних правых резьб.

На рис. 21 показана гребенка для нарезания резьбы ОК 105х(4х1,5), оснащенная пластинками из твердого сплава ВК-8. Резьба на гребенке левая двухзаходная, угол наклона резьбы $0^{\circ}31'$.

Для получения заднего угла α_b на вершине (у гребенок величина этого угла принимается в пределе $10-12^{\circ}$) режущая кромка располагается ниже оси гребенки на величину h , которая обычно принимается близкой к $0,1D$ (где D - диаметр гребенки). Профиль гребенки в сечении, в котором располагаются режущие кромки, формирующие профиль резьбы, должен быть подобен профилю нарезаемой резьбы. Очевидно, что это может быть достигнуто в том случае, если профиль гребенки в осевом сечении будет отличаться от профиля нарезаемой резьбы, что следует из табл.3. Профиль гребенки в осевом сечении, обеспечивающий нарезание окулярной резьбы, определяется с учетом величины p и переднего угла γ при проектировании гребенок. При проектировании или подборе гребенок в соответствии с шагом и направлением резьбы допускается отклонение угла подъема резьбы гребенки от угла подъема нарезаемой резьбы детали в пределах $\pm 2,5^{\circ}$.

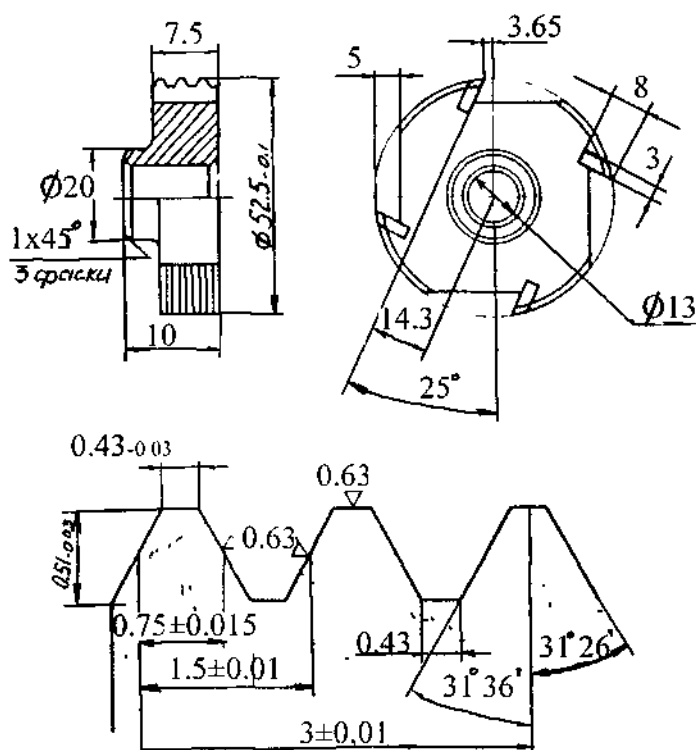


Рис. 21 Гребенка с твердосплавными пластинами для нарезания окулярной резьбы.

Окулярные резьбы после нарезания калибруются метчиками и плашками. В последнее время метчики начинают применять для нарезания многозаходных резьб без предварительной их обработки резцами и гребенками. На рис. 22 показана конструкция разжимного метчика для нарезания 15-ти заходной резьбы с шагом 1мм. Метчик состоит из 5-ти ножей 2, установленных в корпусе 1, центрируемых коническим валиком 3. Резьбовую поверхность метчика обрабатывают в

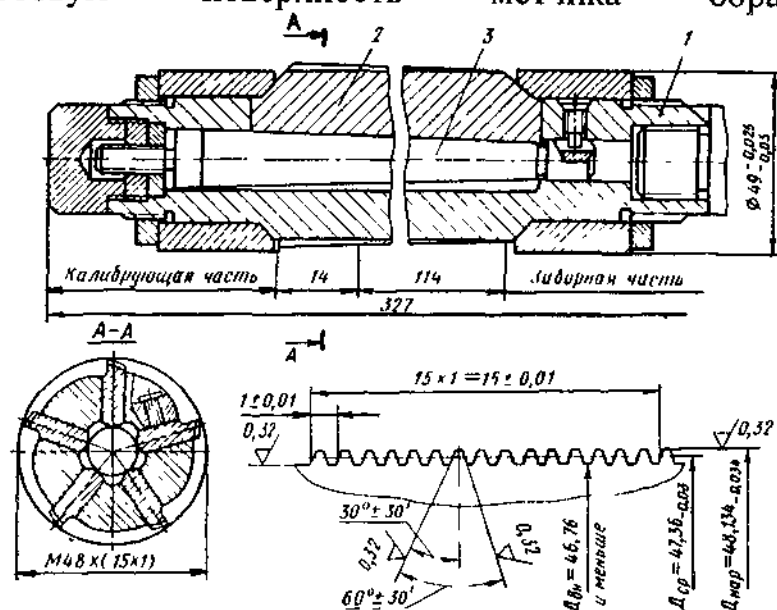


Рис.22 Метчик для нарезания окулярной резьбы.

собранном виде.

Метчик имеет длинный заборный конус и короткую калибрующую часть. Длинная заборная часть и большое число режущих кромок позволяют довести величину припуска, срезаемую одним зубом, до 0,01-0,015мм. Это обеспечивает малые усилия резания и высокое качество поверхности. Резьбу нарезают метчиком на токарном станке.

Метчик закрепляют в центрах, а деталь - на суппорте станка. Метчик через поводковый патрон получают вращением от шпинделя, "ввинчиваясь" в обрабатываемую деталь, заставляют ее перемещаться вместе с суппортом, обеспечивая принудительную подачу, соответствующую параметрам нарезаемой резьбы. Этот метод нарезания многозаходных резьб характеризуется высокой производительностью, высоким качеством поверхности и точным делением резьбы на заходы.

Окулярную резьбу притирают после обработки и подбора пар оправ с окулярной резьбой для достижения требуемых эксплуатационных характеристик соединений (плавного хода, отсутствии радиальной и осевой качки, качества поверхности резьбовых поверхностей и т.д.), которые не могут быть получены при механической обработке резьб.

Процесс притирки окулярных резьб заключается в следующем. На резьбовую поверхность скомплектованной пары оправ "винт" - "гайка"

наносят притирочную пасту, детали свинчивают и им сообщают относительный поворот попеременно в одну и другую сторону, т.е. осуществляют периодическое свинчивание и развинчивание резьбового соединения.

Несмотря на сравнительную простоту процесса, эту операцию в настоящее время выполняют либо вручную, либо на станках, но с использованием ручного труда. Это объясняется тем, что необходимое время обработки различных участков резьбы неодинаково, оно зависит от многих факторов (неравномерности припуска, оставленного на притирку, погрешностей формы деталей, неравномерной твердости отдельных участков резьбы и т.п.). При ручной притирке время окончания обработки отдельных участков резьбы рабочий определяет по крутящему моменту, который ему приходится прикладывать для поворота оправ, или, как принято говорить, "по чувству". Попытки создания станков, у которых время обработки отдельных участков резьбы регулируется в зависимости от момента трения на них, пока не увенчались успехом.

В настоящее время притирка окулярной резьбы осуществляется на специальных притирочных станках (или приспособлениях), обеспечивающих попеременное вращение оправы в разные стороны, а иногда непосредственно на станке, на котором нарезается наружная окулярная резьба сразу после ее обработки и комплектования пары. Оправа с наружной резьбой (винт) укреплена в шпинделе и вращается, а оправа с внутренней резьбой (гайка) навинчивается на "винт". При навинчивании и свинчивании гайки в процессе притирки ее удерживают рукой с помощью "жимков". Заканчивают притирку обычно вручную после съема притираемой пары со станка. Свинчивая и развинчивая оправы, рабочий проверяет ("по чувству") плавность хода по всей длине и при необходимости дополнительно притирает отдельные участки. Затем детали промывают в бензине, контролируют, смазывают приборной вазелиновой массой и передают на хранение или сборку.

Для притирки на заводах используют пасту ГОИ и другие пасты с различными наполнителями (сера, пемза и др.), например паста такого состава: жир животный технический 30%, вазелин технический 10%, пемза порошковая 60% (в цехе пасту разводят машинным маслом).

Расстояние A, мм	Допустимая катка, мм	
	осевая	радиальная
1	0,02	0,04
5	0,025	0,05
10	0,03	0,06

