

# Обработка резьбы

Обзор современных методов  
и конструкций инструментов

# Обработка резьбы

Обзор современных методов  
и конструкций инструментов

Д.А. Локтев

## Содержание

<b>Введение</b>	<b>2</b>
<b>Виды резьб</b>	<b>2</b>
<b>Виды обработки резьб</b>	<b>4</b>
<b>Обработка резьбы резанием</b>	<b>7</b>
<i>Обработка резьбы резцом</i>	<i>7</i>
<i>Обработка резьбы резьбовой гребенкой</i>	<i>10</i>
<i>Нарезание резьбы плашкой и резьбовой головкой</i>	<i>11</i>
<i>Нарезание внутренней резьбы метчиком</i>	<i>14</i>
<i>Обработка отверстий под резьбы</i>	<i>17</i>
<i>Вспомогательный инструмент при нарезании</i>	
<i>резьбы метчиком</i>	<i>19</i>
<i>Вихревое нарезание резьбы</i>	<i>27</i>
<i>Обработка резьбы фрезерованием</i>	<i>29</i>
<b>Обработка резьбы давлением</b>	<b>32</b>
<i>Обработка наружной резьбы</i>	<i>32</i>
<i>Обработка внутренней резьбы</i>	<i>44</i>
<b>Приложения</b>	
<b>Виды резьбы</b>	<b>46</b>
<b>Рекомендуемые диаметры отверстий под</b> <b>нарезание резьбы метчиком</b>	<b>47</b>
<b>Рекомендуемые диаметры отверстий под</b> <b>раскатывание резьбы</b>	<b>48</b>

## Введение

Применение резьбы в качестве элемента различных машин известно с древних времен. Еще архимед до нашей эры использовал винт для подъема воды в оросительной машине. В дальнейшем резьбы модернизировались и к концу прошлого века стало технически возможным экономичное машинное производство болтов высокой точности. Именно в это время были созданы первые болторезные станки и станки с распределительным кулачковым валом, прообраз современного токарного автомата.

Расширение областей применения ходовой резьбы и инструментов для резьбонарезания привело к повышению требований к точности резьбы и, как следствие, к появлению высокоточных методов получения резьбы - вихревого резьбофрезерования и резьбошлифования. Первый резьбошлифовальный станок серийной конструкции был построен в Швейцарии в 1917 году.

В системах резьбы в европе не было единства. В середине прошлого века во Франции была предложена метрическая резьба, которая очень скоро была введена повсеместно во французской промышленности. В Германии в конце прошлого века было 11 систем резьбы с 274 разновидностями. Это количество постоянно сокращалось и к 1925 году количество систем сократилось до двух с 72 видами, а к 1941 году до одной метрической системы с 56 видами. После второй мировой войны в связи с ориентацией всех фирм на различные рынки повсеместно были введены и закреплены два типа резьбы - метрическая и дюймовая (резьба Витворта). Именно эти две системы и являются на сегодня основными, наиболее применяемыми, во всем мире.

## Виды резьб

Любая резьба характеризуется следующими параметрами: профилем (например, метрическая, дюймовая Витворта, трапецидальная и т.д.), наружным диаметром, шагом, направлением винтовой линии, числом витков и полем допуска. Первые три параметра определяют полностью стандартные однозначные правые резьбы, для других случаев необходимы другие параметры. К другим измеряемым параметрам относится угол при вершине профиля, средний диаметр резьбы, внутренний диаметр, радиус на дне впадины, высота профиля резьбы, шаг, угол подъема винтовой линии и рабочая высота профиля. На приведенных ниже схемах различных резьб указано большинство основных и дополнительных параметров.

Условно все резьбы можно разделить по области их применения на резьбы общемашиностроительного и нефтяного сортамента. Основной резьбой общемашиностроительного применения на сегодняшний день является резьба ISO (рис. 1а) в двух совпадающих по всем размерам исполнениях -

**Метрическая М**, наиболее распространенная в европе, и **Унифицированная Национальная UN**, распространенная в США. Эта резьба применяется во всех отраслях промышленности. **Унифицированная национальная резьба с контролируемым радиусом впадины UNJ** (рис. 1б) применяется в авиационной и космической индустрии. **Дюймовая резьба Витворта BSW** (рис. 1в) применяется для штуцеров и присоединений газовой, водопроводной и канализационной арматуры. Резьба BSW соответствует ГЕСУ 6357-81 на трубную цилиндрическую резьбу. Эта резьба рекомендована к замене на резьбу ИСО. **Американская Национальная Трубная резьба NPT** (рис. 1г) применяется для штуцеров и присоединений (соответствует ГЕСУ 6111-52 на коническую дюймовую), также как и **Британская Стандартная Трубная Коническая резьба BSPT** (рис. 1д) (соответствует ГЕСТ 6211-81 на трубную коническую резьбу). **Трапецидальная резьба TR** (рис. 1е) выполнена по европейским нормам (DIN 103) и предназначена для ходовых винтов в общемашиностроительной индустрии. Очень похожая на нее **трапецидальная резьба ACME** (рис. 1ж) соответствует американским стандартам и предназначена для тех же целей. В тех же случаях, когда резьба ACME имеет слишком глубокий профиль, используется **усеченная резьба STUB** (рис. 1з). Для резьбовых соединений в пищевой промышленности и в системах пожаротушения используется **круглая резьба RD** по DIN 405 (рис. 1и).

Резьбы нефтяного сортамента имеют конкретное назначение для различных соединений добывающей и перекачивающей арматуры. Как правило, все эти резьбы во всем мире выполняются по стандартам американского Института Нефти (API). Аналогичные по назначению резьбы, выполненные по отечественному ГЕСТу, имеют некоторые параметры резьбы, отличные от резьб API. Замковые резьбы на вращающейся буровой оснастке выполняются по стандартам API формы **V-0.038R** (исполнение с конусностью резьбы 1:6 представлено на рис. 2а), формы **V-0.040** (исполнение с конусностью резьбы 1:4 на рис. 2б) и формы **V-0.050**. **Насосно-компрессорные трубы** и некоторые вращающиеся соединения имеют **круглую резьбу API** (рис. 2в). аналогичные резьбы по ГОСТ 633-80 представлены на рисунке 2г. На **обсадных трубах** нарезается резьба API **Батресс** (рис. 2д) или по ГОСТ 632-80 (рис. 2е). Распространена также резьба под названием **американский батресс** (рис. 2ж).

Полная гамма существующих стандартов на резьбы представлена в приложении 1.

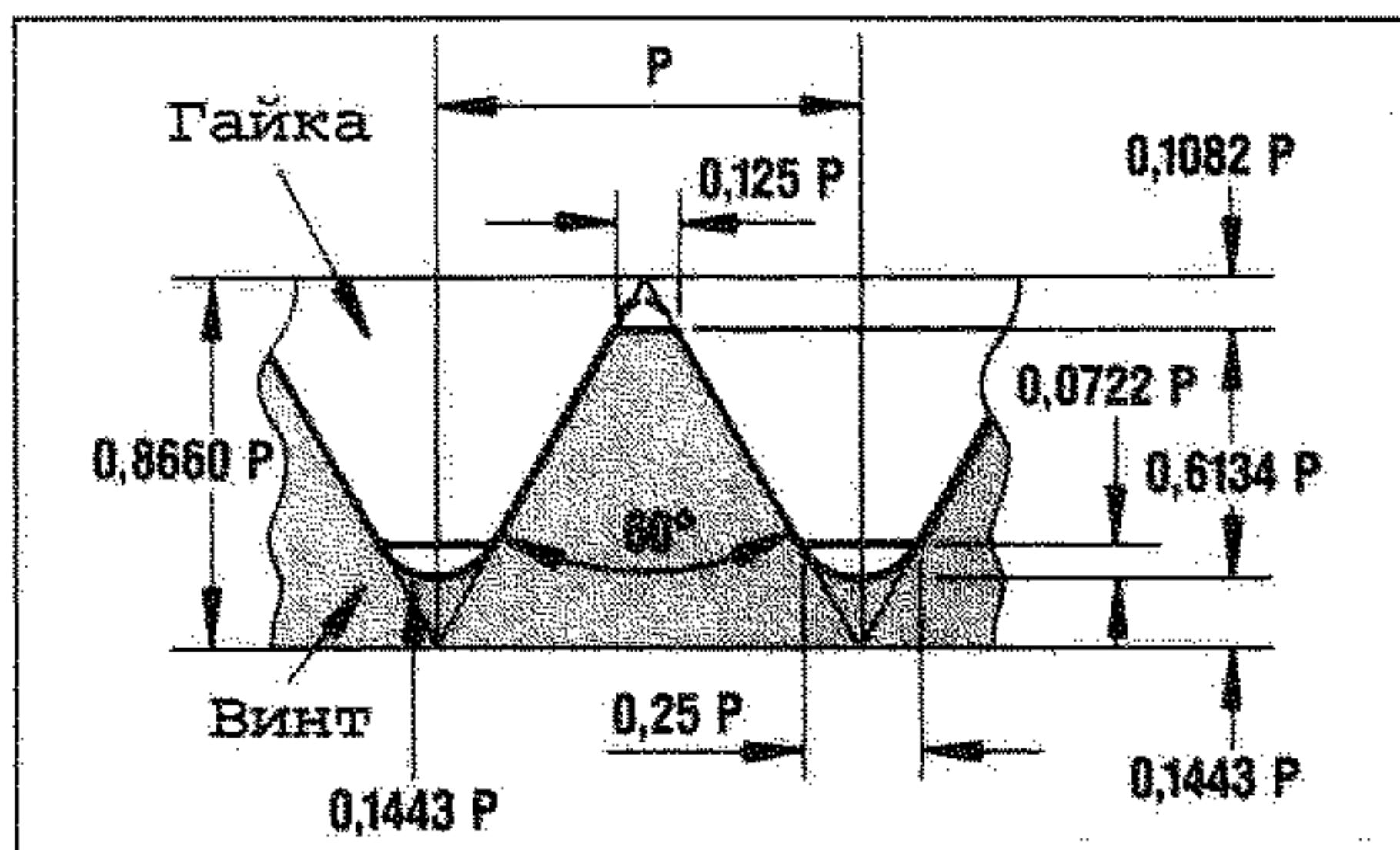


Рис. 1а. Резьба ИСО

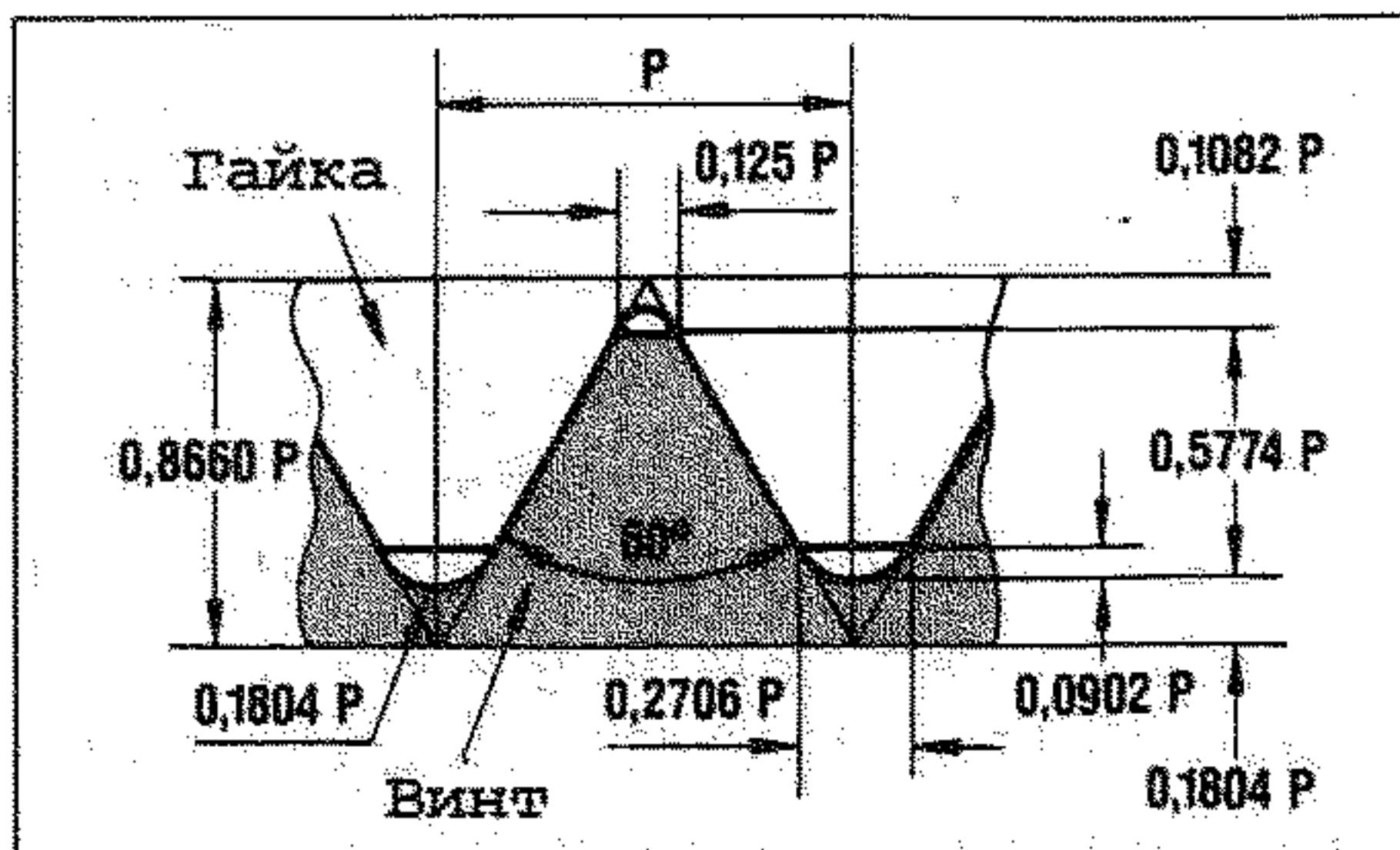


Рис. 1б. Резьба UNJ

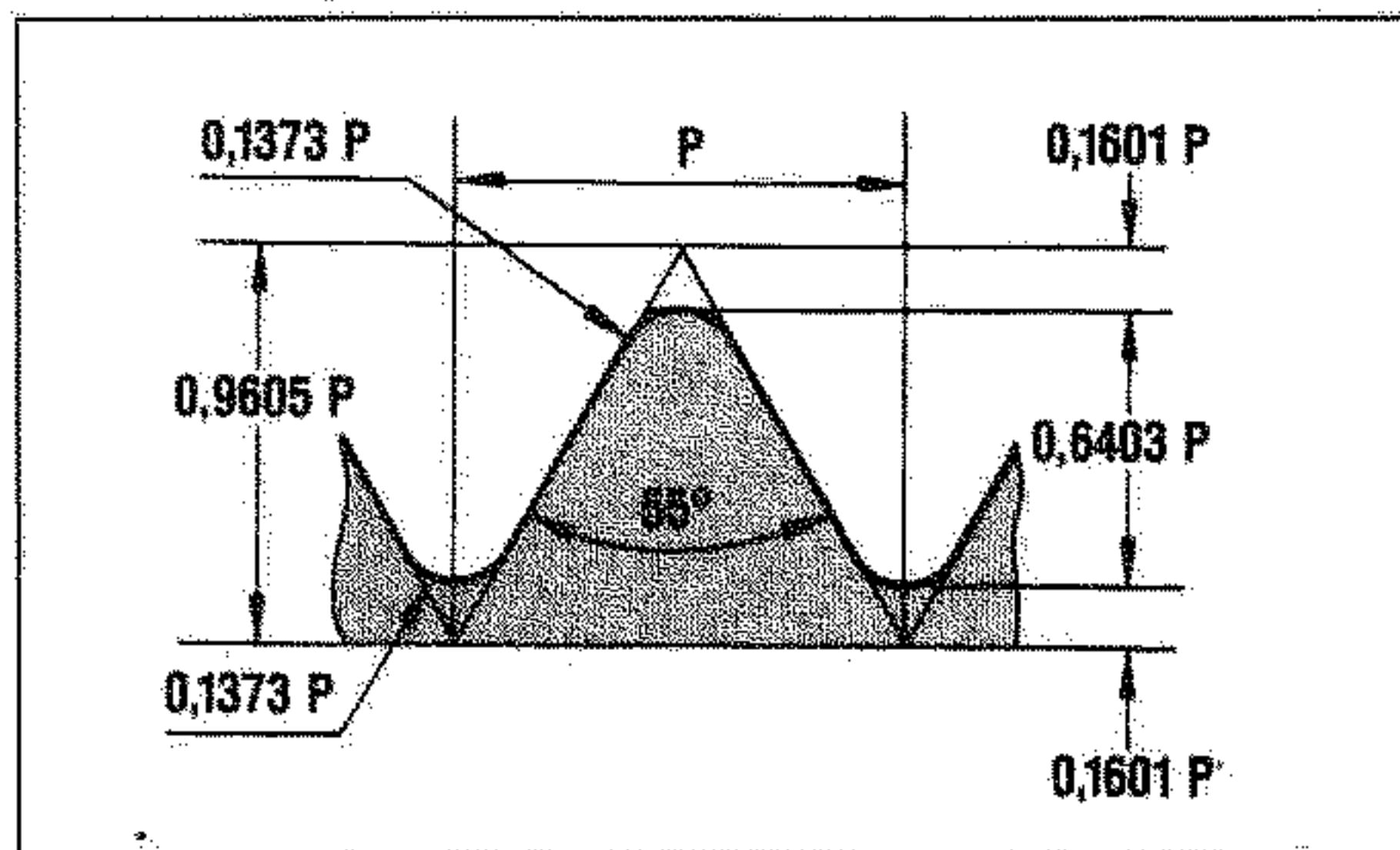


Рис. 1в. Резьба BSW

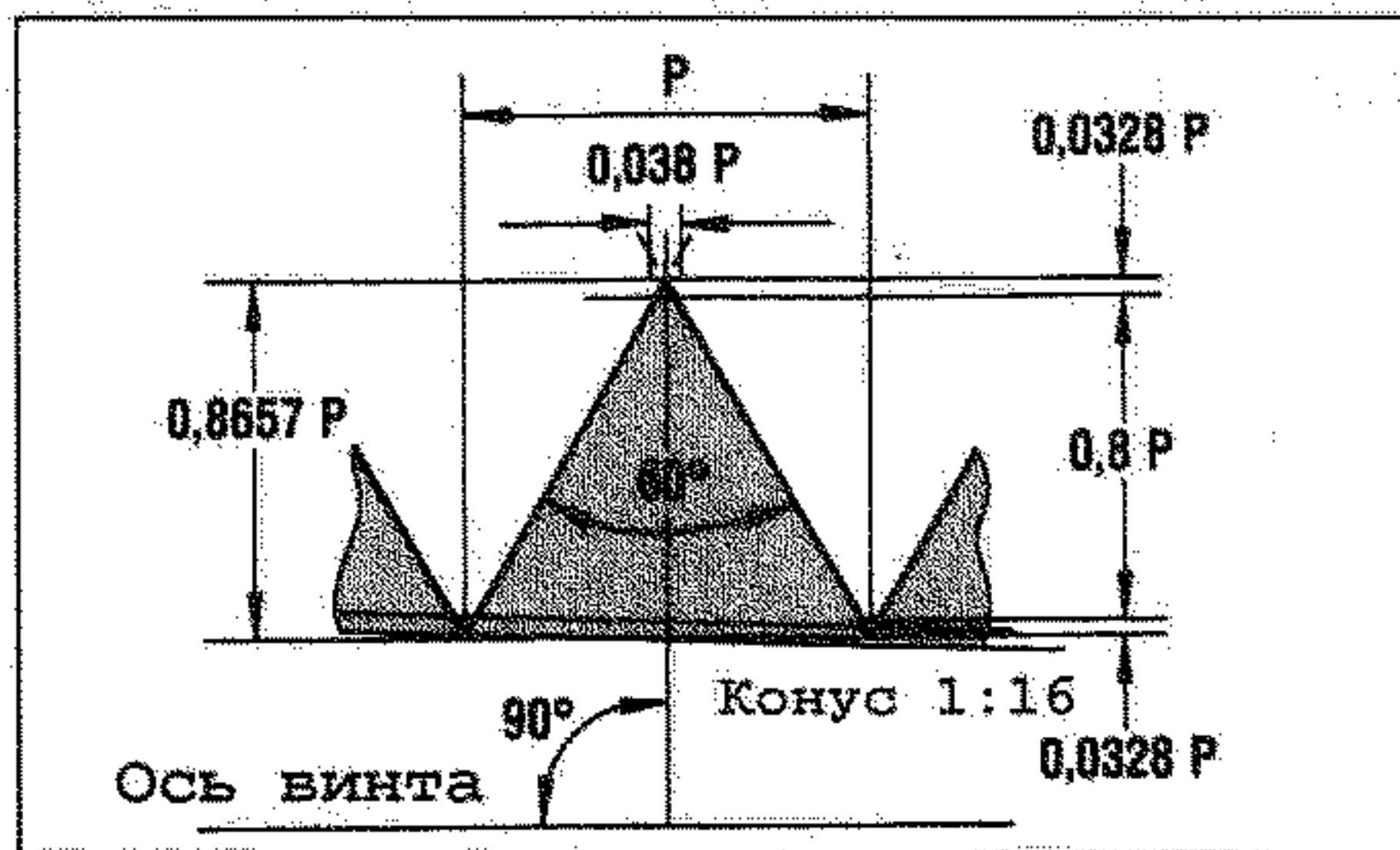


Рис. 1г. Резьба NPT

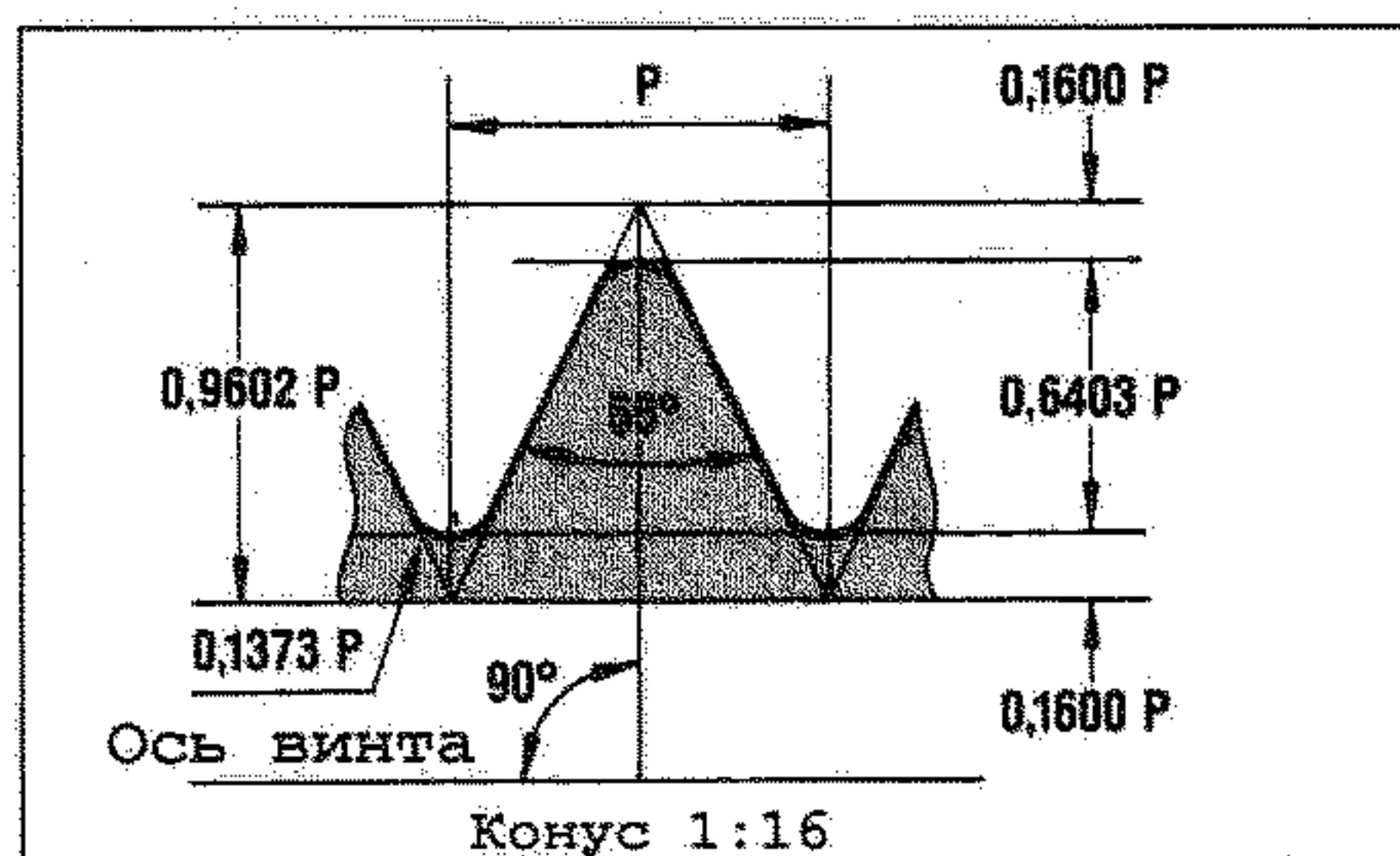


Рис. 1д. Резьба BSPT

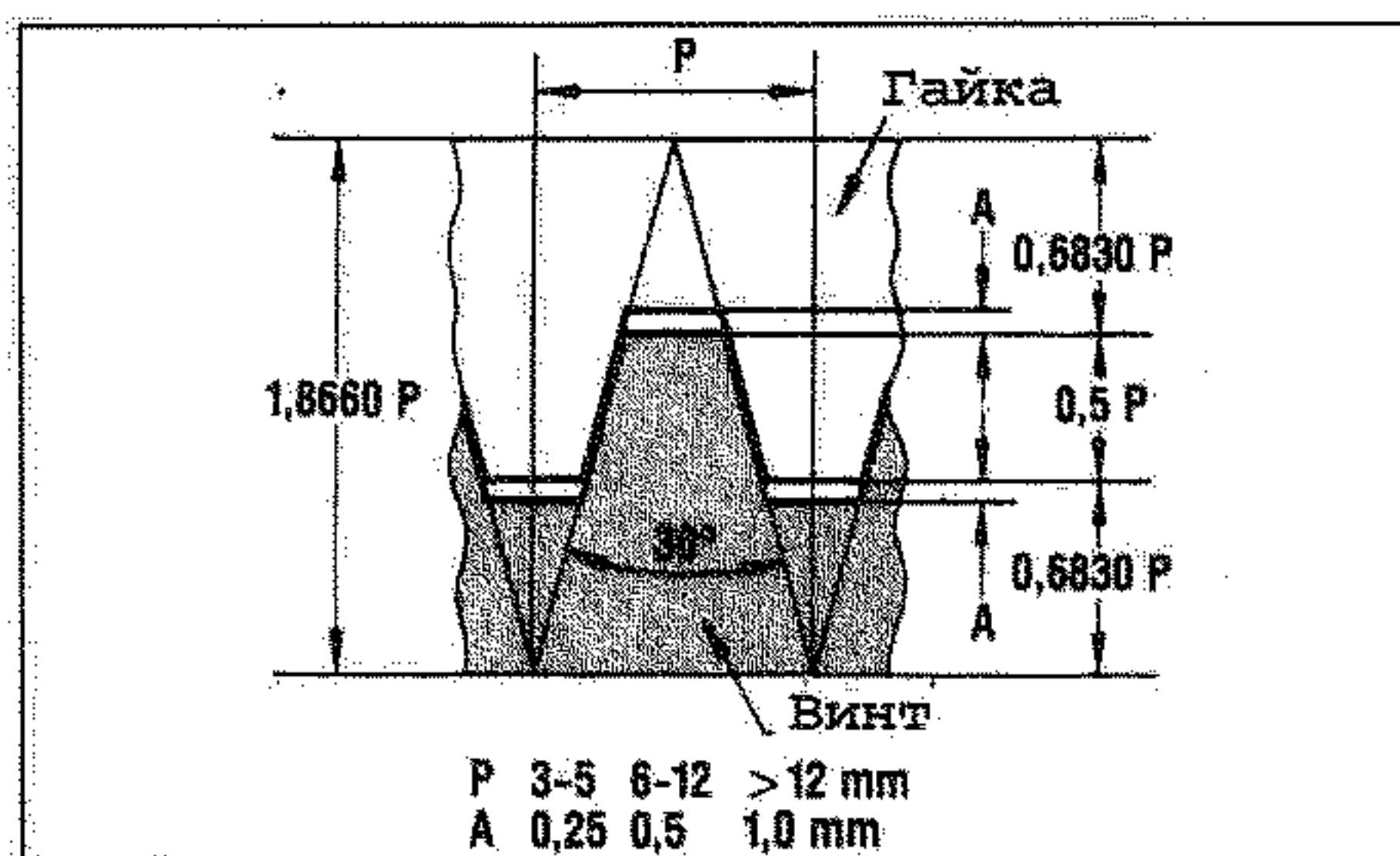


Рис. 1е. Резьба TR

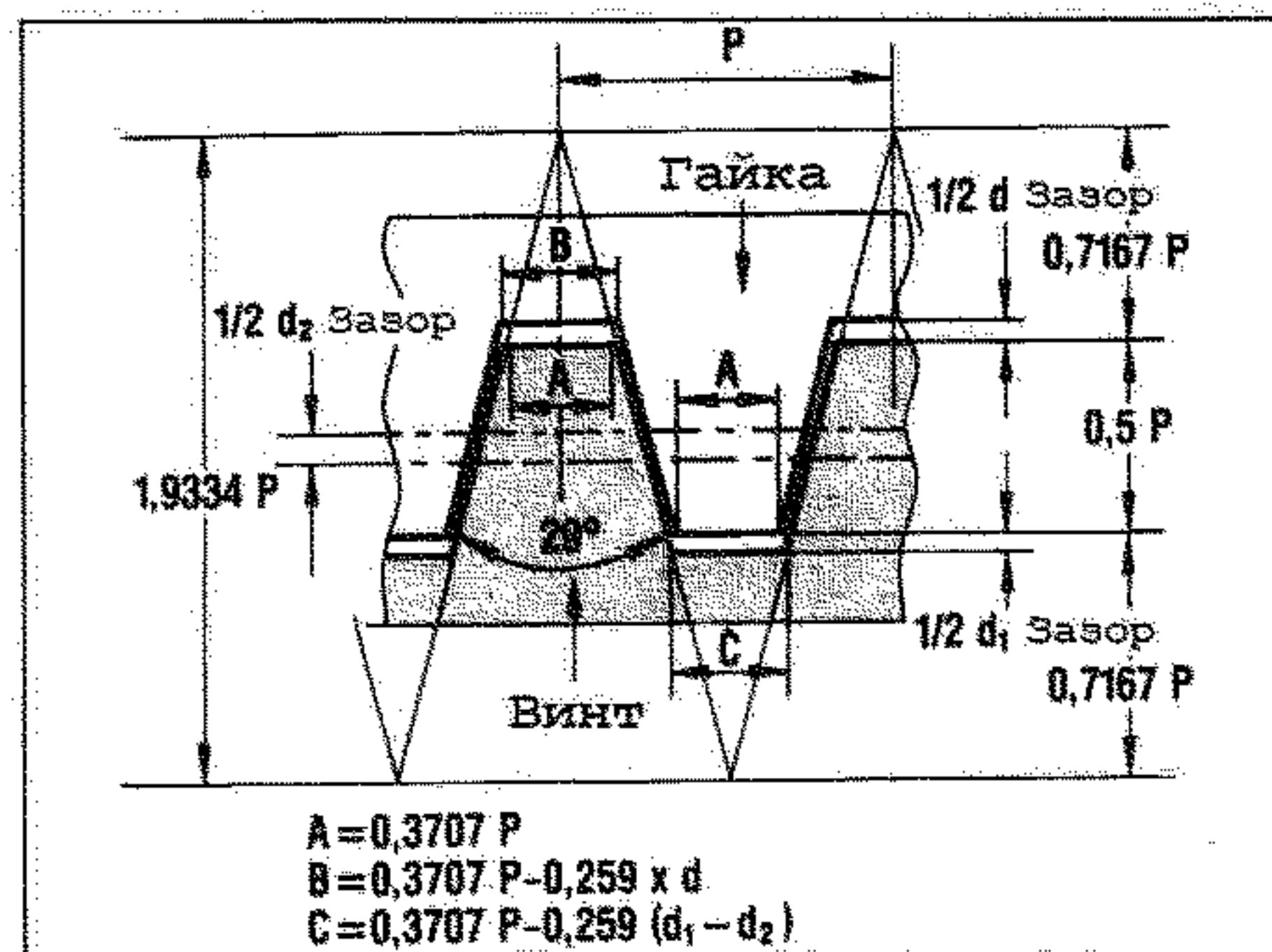


Рис. 1ж. Резьба ACME

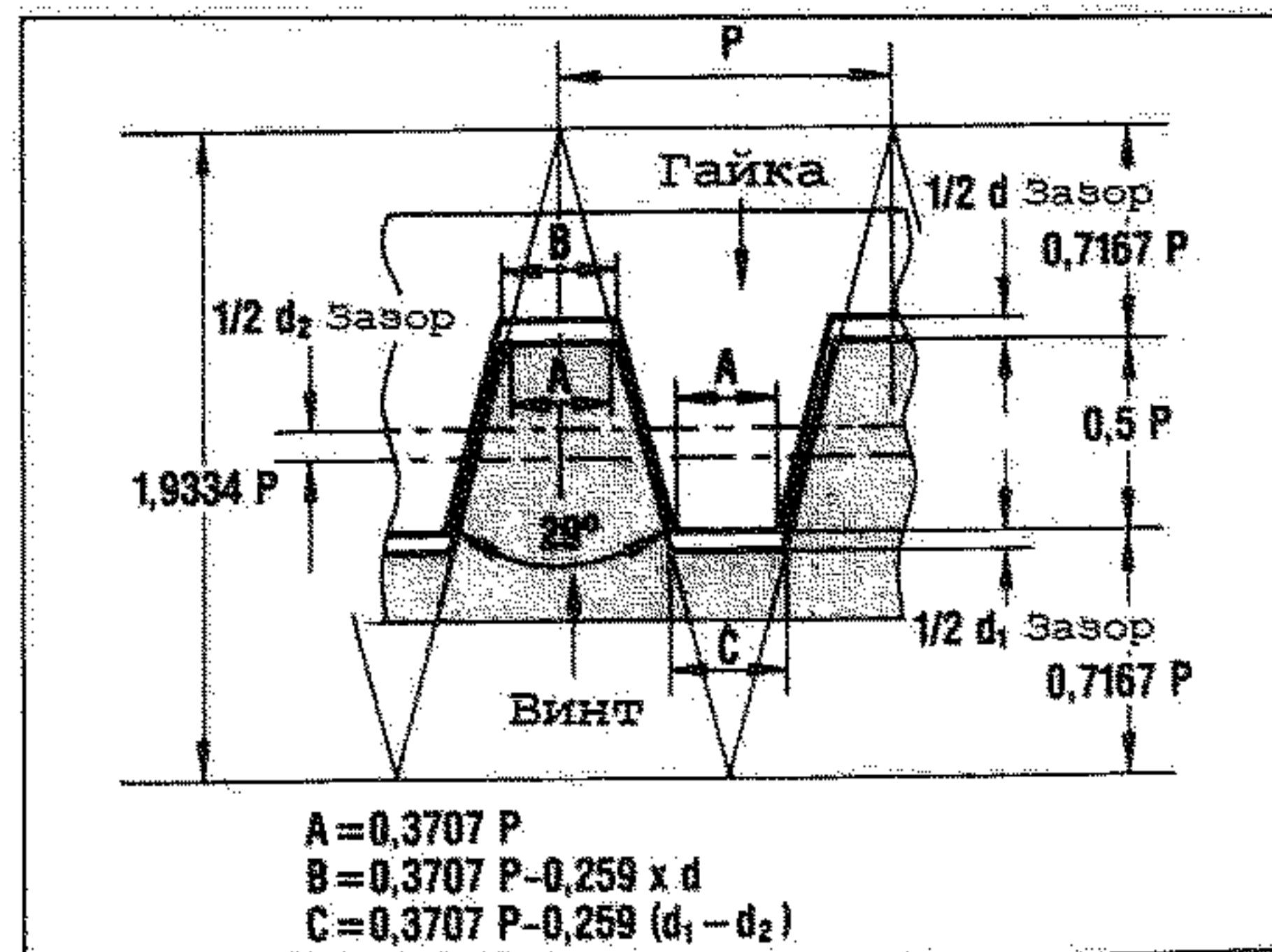


Рис. 1з. Резьба STUB

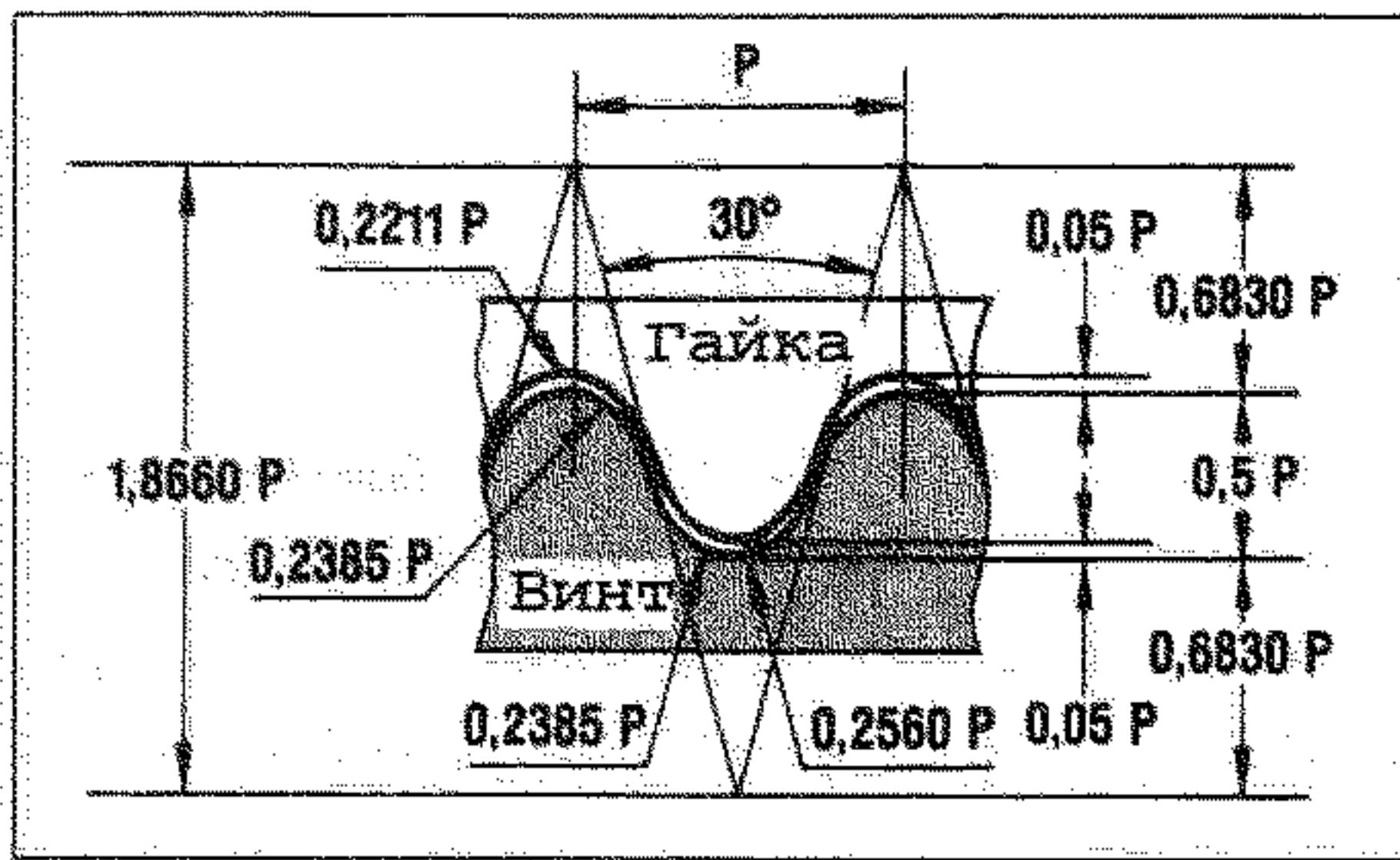


Рис. 1и. Резьба RD

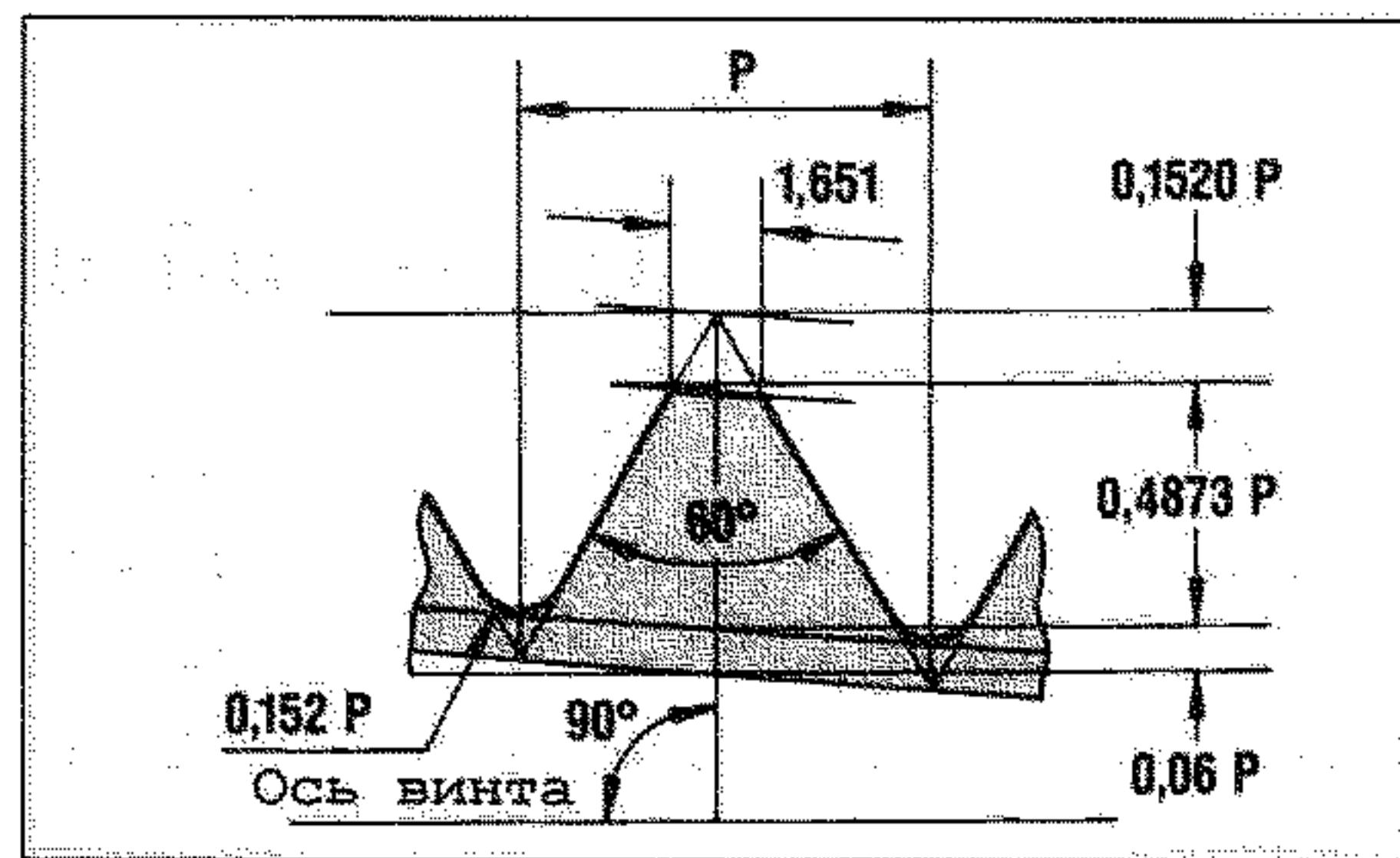


Рис. 2а. Резьба V-0.038R

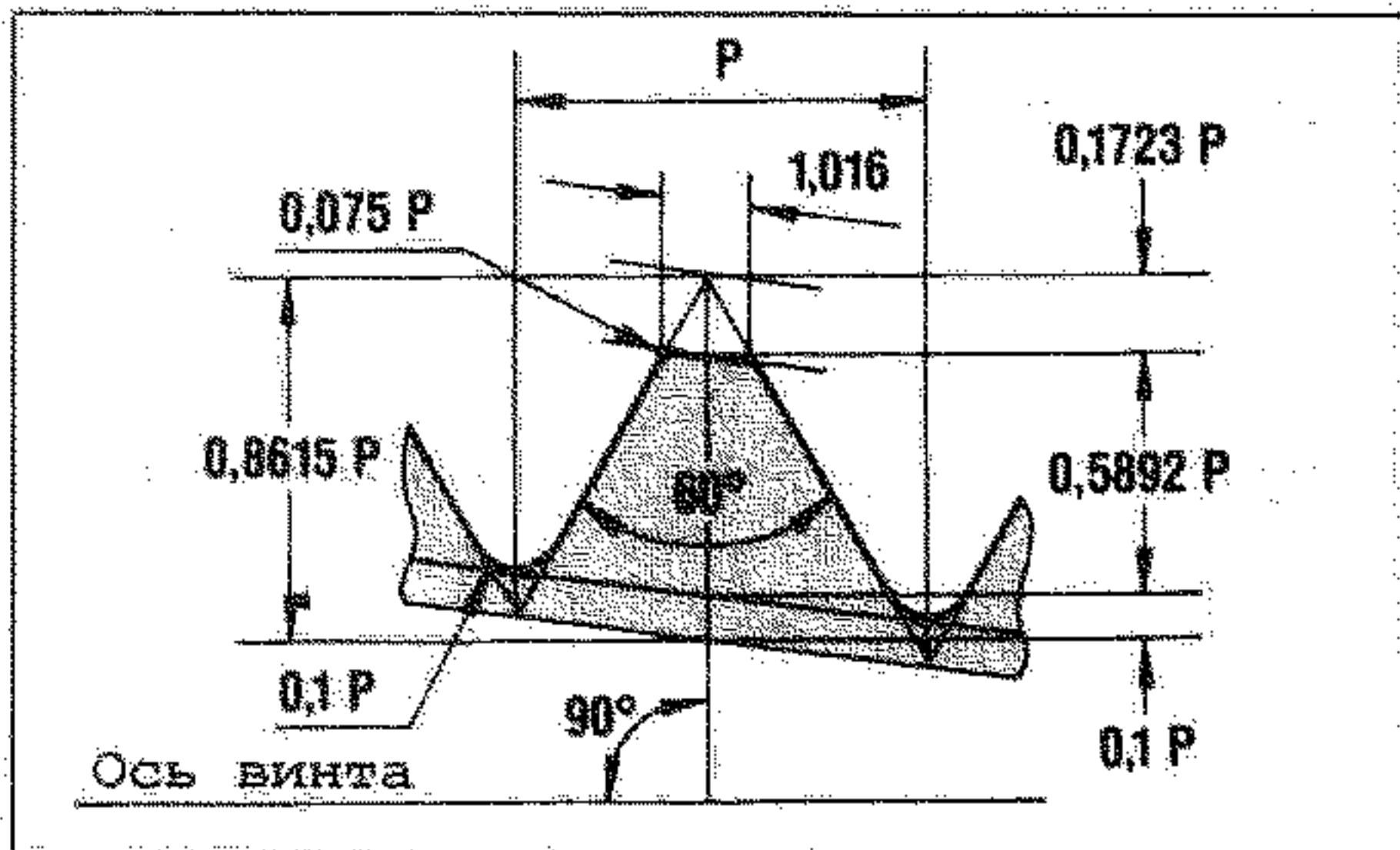


Рис. 2б. Резьба V-0.040

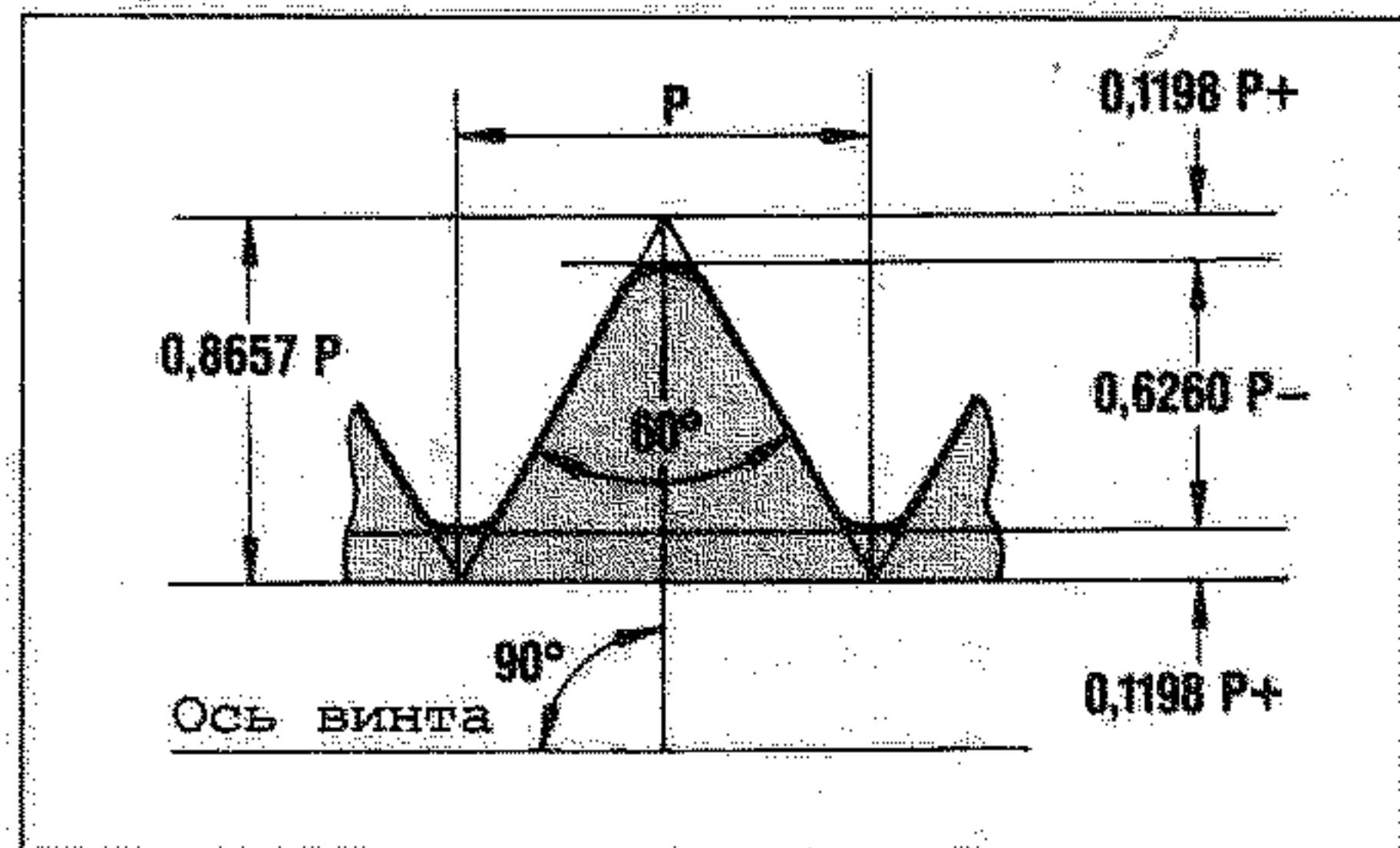


Рис. 2в. Резьба API

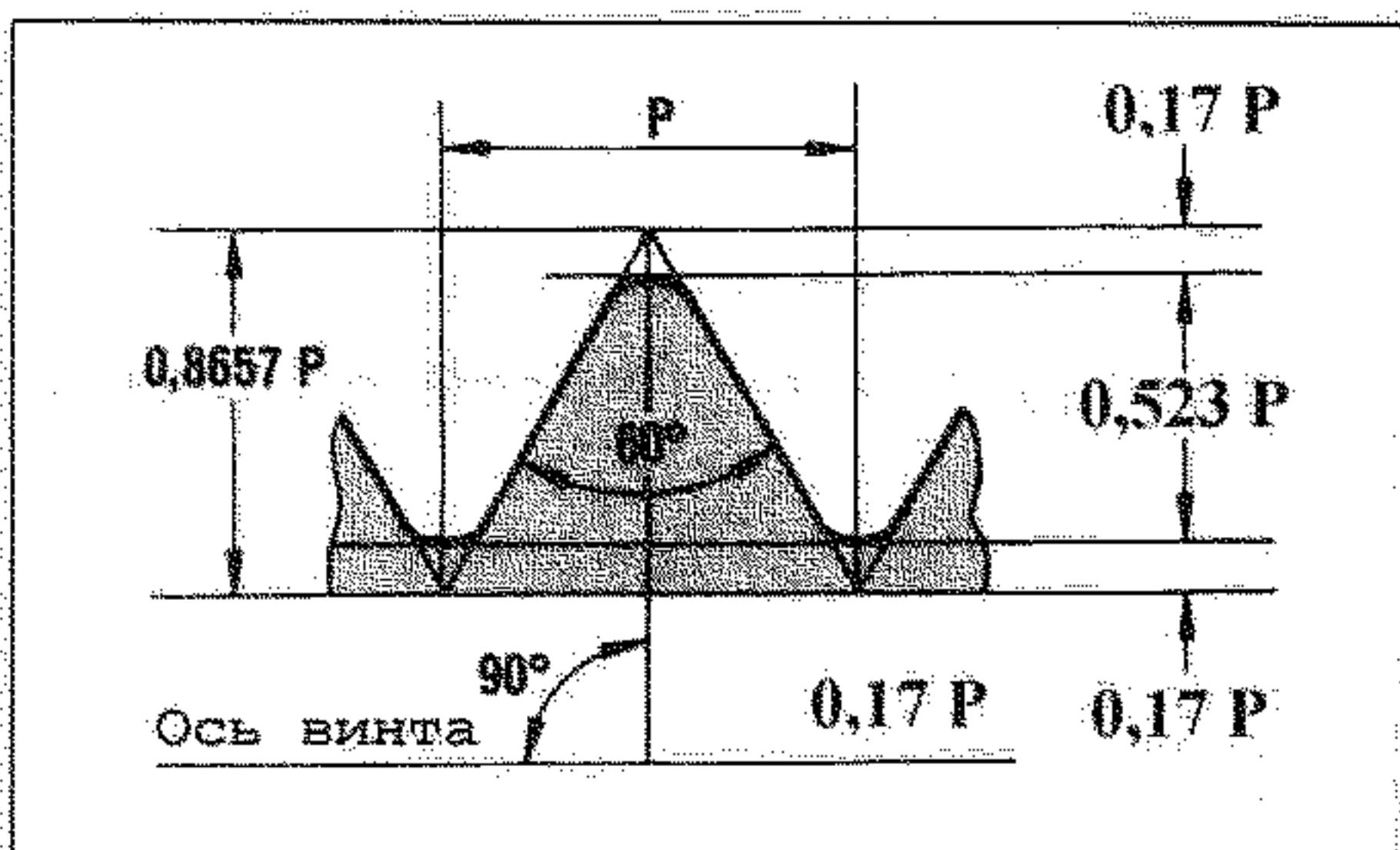


Рис. 2г. Резьба НКТ

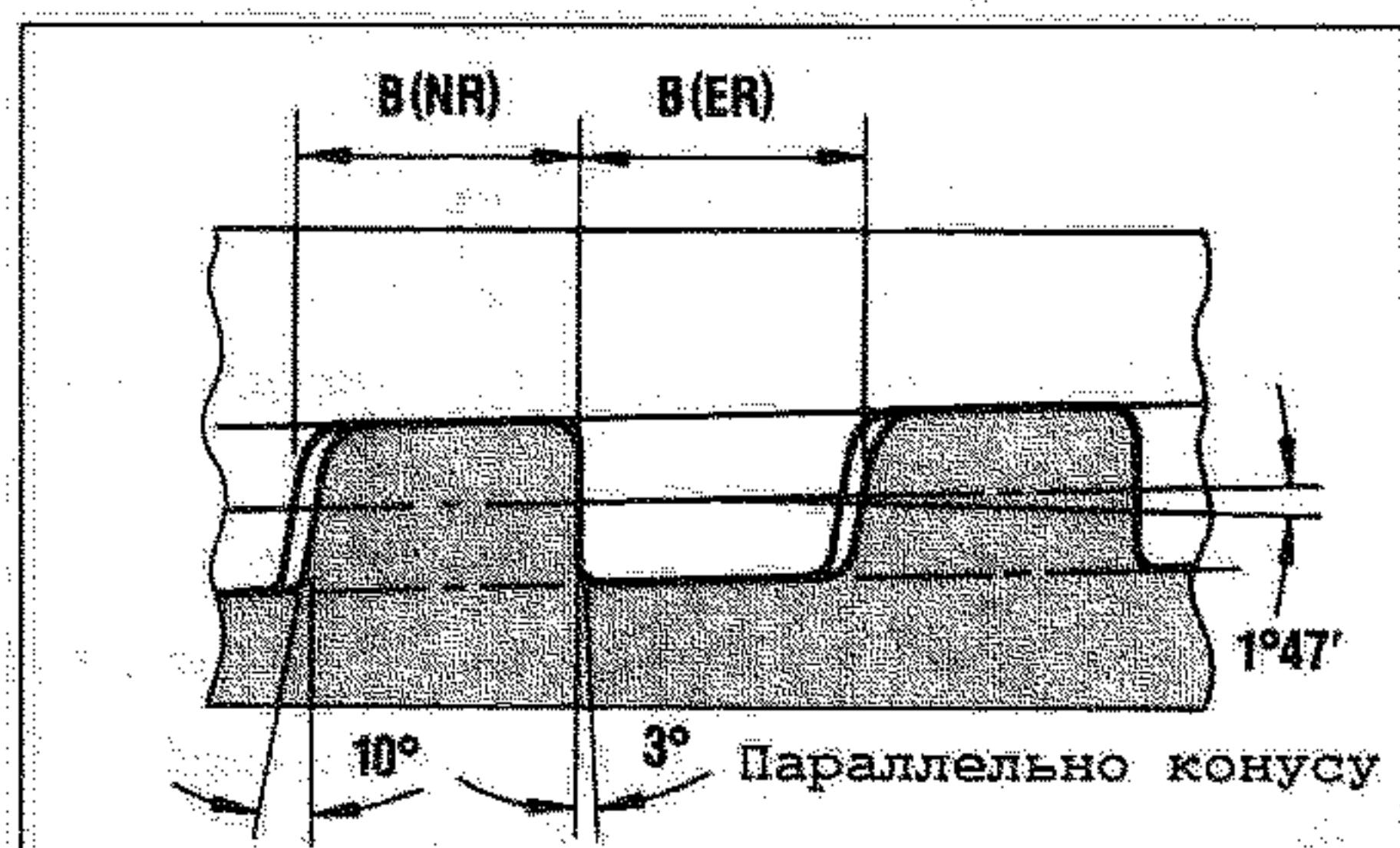


Рис. 2д. Резьба Butress

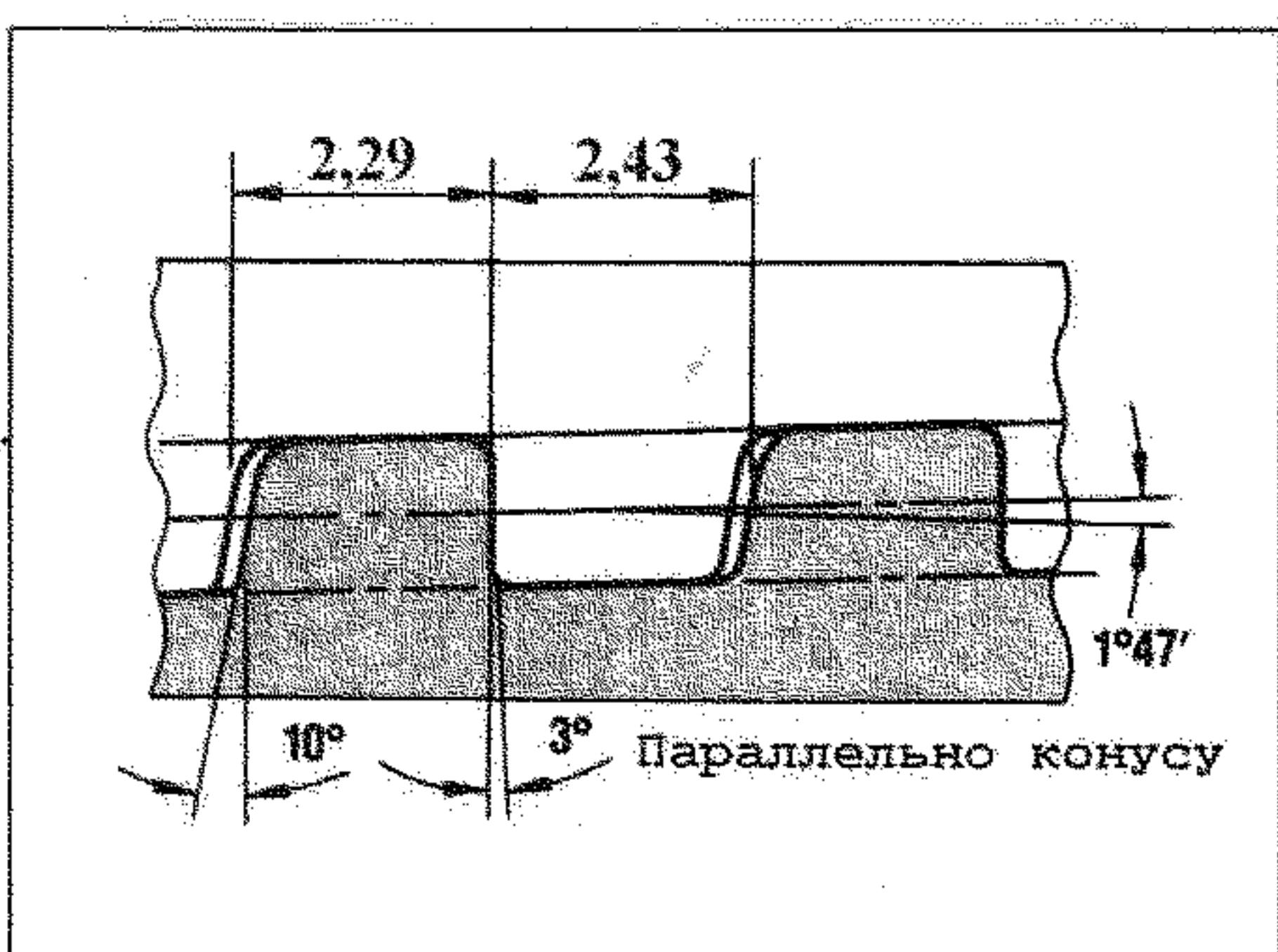


Рис. 2е. Резьба OTTM

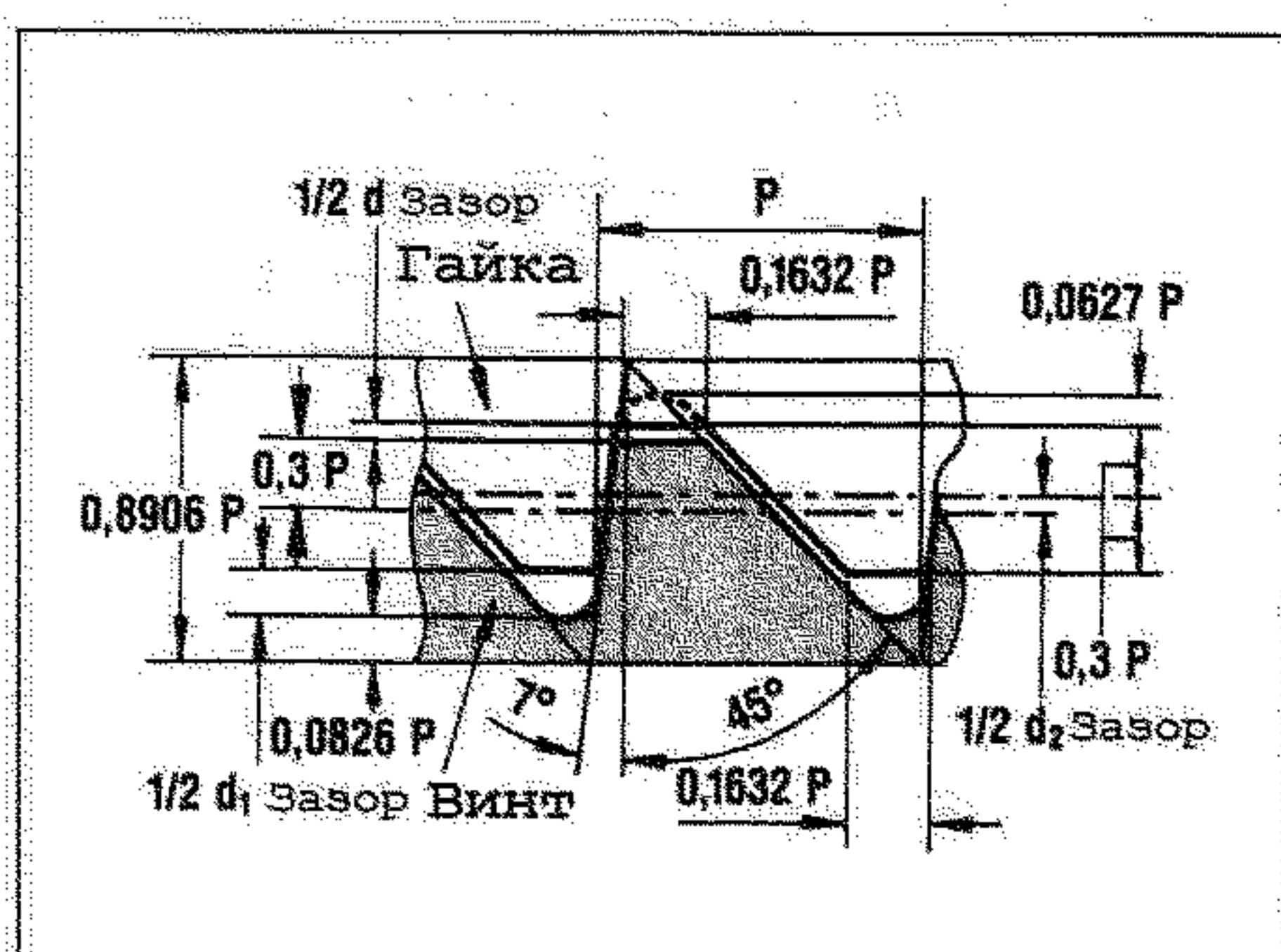


Рис. 2ж. Резьба Am Butress

# Виды обработки резьб

Любая резьба может быть изготовлена одним из трех основных методов - первичным формообразованием, нарезанием и обработкой давлением. Каждый из этих основных методов подразделяется в зависимости от конкретного способа получения резьбы. Ниже приведена более детальная классификация способов получения резьбы.

## Методы изготовления резьбы

### ■ Первичное формообразование

*Литье под давлением*

### ■ Резание

*Обработка инструментом с геометрически определенной кромкой*

- *Обработка резцом*
- *Обработка гребенкой*
- *Обработка плашкой*
- *Обработка метчиком*
- *Вихревое резьбофрезерование*
- *Резьбофрезерование*

*длинных резьб*

*коротких резьб*

*методом обката*

*Обработка инструментом с геометрически неопределенной кромкой*

- *Резьбошлифование*

*Другие методы съема металла*

- *Электроэррозионный*

### ■ Обработка давлением

*Пластическое формообразование с преобладанием сжимающих напряжений*

- *Накатывание*

*плоским инструментом*

*круглым инструментом*

*с поперечной подачей*

*непрерывное*

- *Выдавливание*

*внутренней резьбы*

*Пластическое формообразование с растягивающими и сжимающими напряжениями*

- *Ротационное выдавливание*

*наружной и внутренней резьбы*

Исходное формообразование методом литья под давлением имеет ограниченное применение. Метод накатывания резьбы (обработка давлением) характеризуется высокой производительностью и обеспечивает улучшение свойств материала (повышает усталостную прочность). Ограничением применения этого метода являются трудности в случаях обработки высокопрочных материалов и предъявления особых требований к точности резьбы. В большинстве случаев применения, несмотря на менее высокую производительность, предпочтение отдается методам резьбонарезания. Точность получаемых этим способом резьб выше.

Выбор метода получения резьбы зависит от функции резьбы (крепежная резьба, ходовая резьба, резьба на измерительных винтах), от допусков на точность размеров, формы и положения, а также от требований качества поверхности. Если требуется обработка больших партий при невысоких требованиях к точности обработки (например, винтов), то наиболее экономичным является метод накатывания резьбы. При самых высоких требованиях к точности резьбы используется резьбошлифование.

## Обработка резьбы резанием

### Обработка резьбы резцом

Согласно определению, нарезание резьбы резцом представляет собой винтовое точение, применяемое для изготовления резьбы с помощью однопрофильного инструмента. Профиль резьбового резца соответствует профилю витка резьбы. В современной промышленности применяются обычные резцы и дисковые незатылованные и затылованные профильные резцы. Инstrumentальным материалом для нарезания резьбы является быстрорежущая сталь или твердый сплав. Применение твердого сплава обеспечивает увеличение производительности и повышение качества обработки, но требует, как правило, более высоких скоростей резания, что приводит к увеличению скоростей отвода резца. Поэтому, как правило, резцы из твердого сплава применяются на станках с автоматическим отводом резца или на станках с ЧПУ хотя из этого правила есть и исключения.

Сами резьбовые твердосплавные резцы изготавливаются с напайными или сменными многогранными пластинами. Применение сменных многогранных пластин повышает экономическую эффективность процесса резьбонарезания. Конструкция сменной многогранной резьбонарезной пластины, ставшая сегодня классической, представляет собой трехгранную пластину (рис. 3), на каждой грани которой имеется режущая кромка, совпадающая по форме с полным профилем резьбы. Средняя поверхность этой кром-

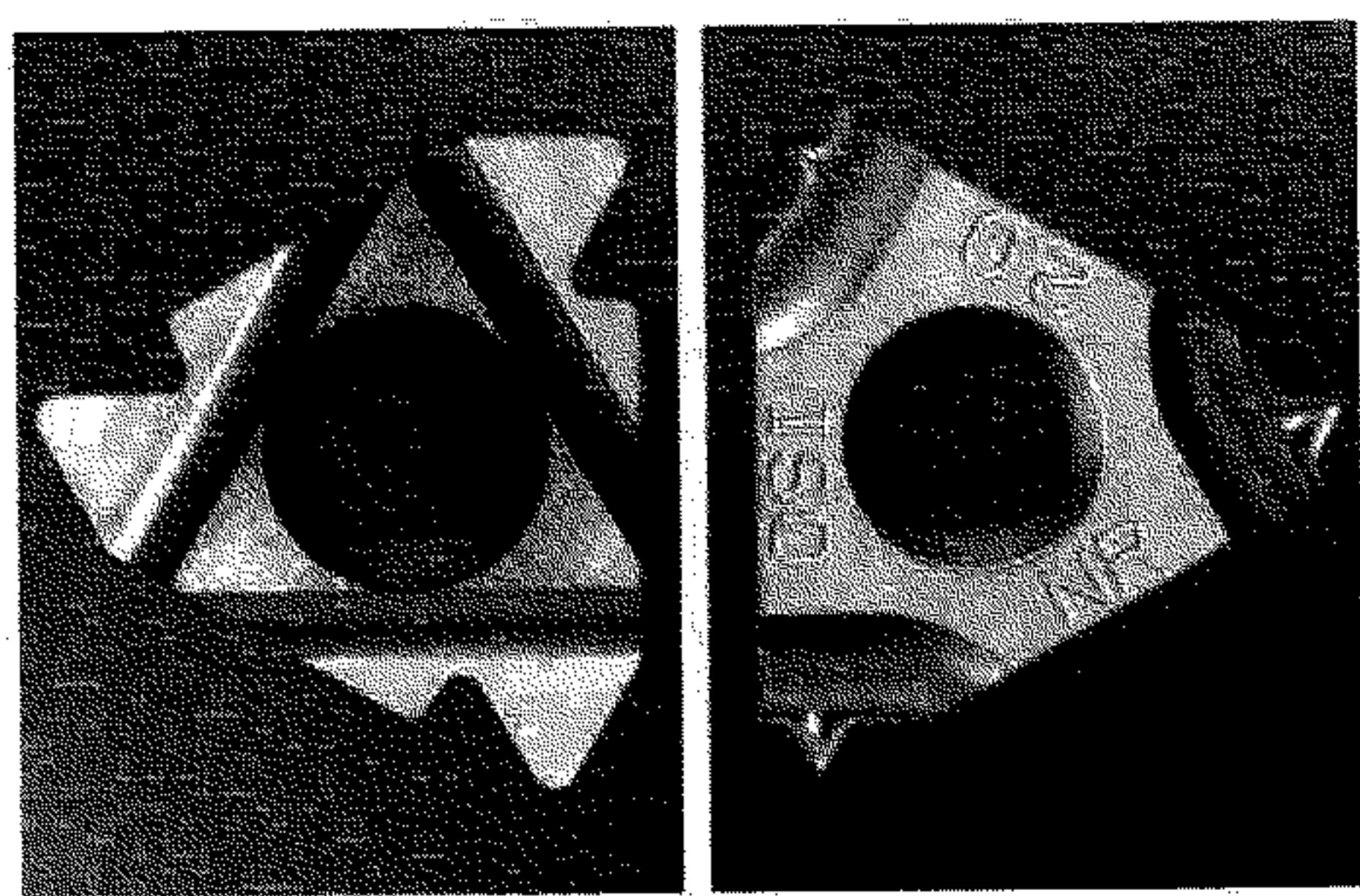


Рис. 3

ки либо спеченная, либо шлифовальная. Пластины располагаются на державке горизонтально. Пластины для наружной и внутренней резьбы одинаковы по конструкции

и отличаются только расположением кромок (рис. 4). В программах крупных инструментальных фирм представлены пластины для нарезания большинства типов резьб. Например, в производственной программе фирмы KENNAMETAL HERTEL стандартно представлены все рассмотренные выше типы резьб общемашиностроительного сортамента.

Конструкция самих резцов различается, как правило, только способом крепления пластины. Например, в системе LT фирмы KENNAMETAL HERTEL на каж-

Рис. 4

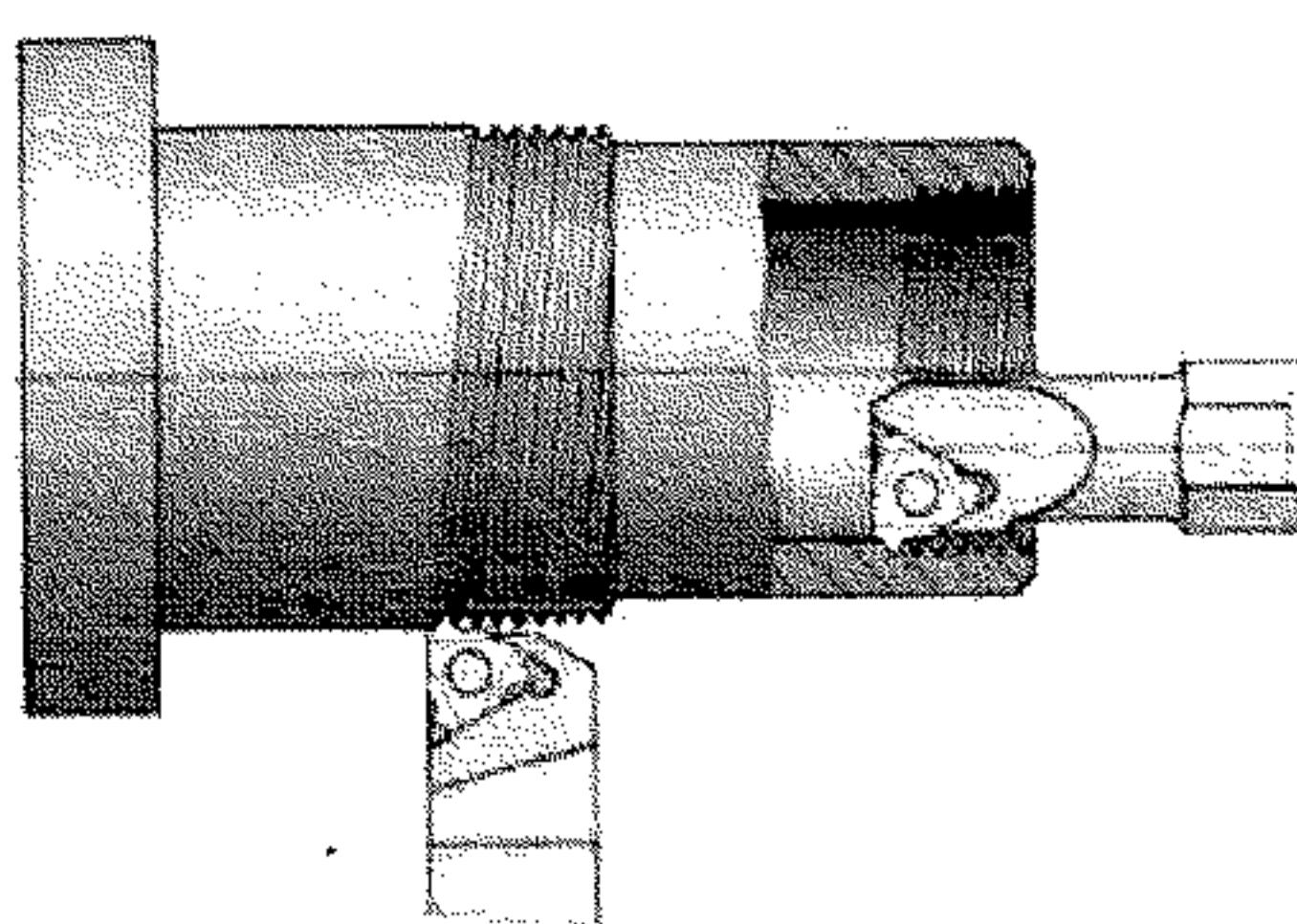


Рис. 5

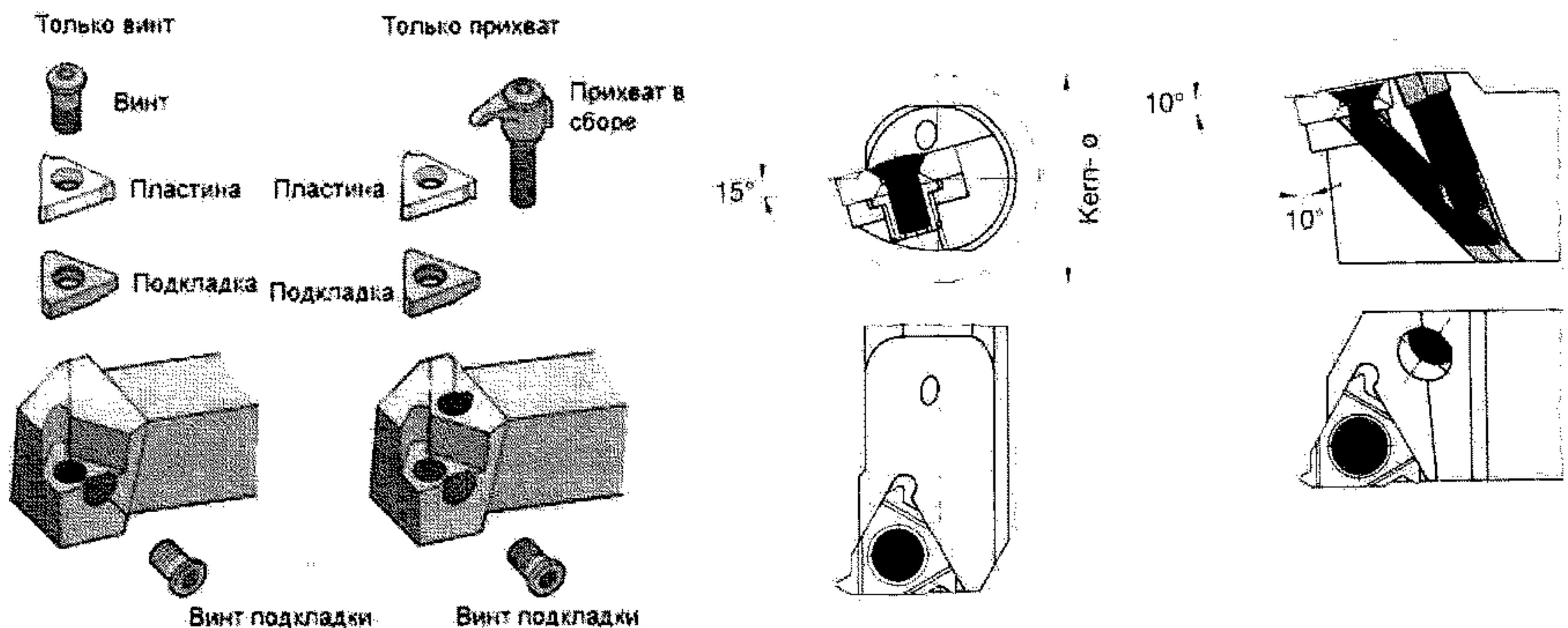


Рис. 6

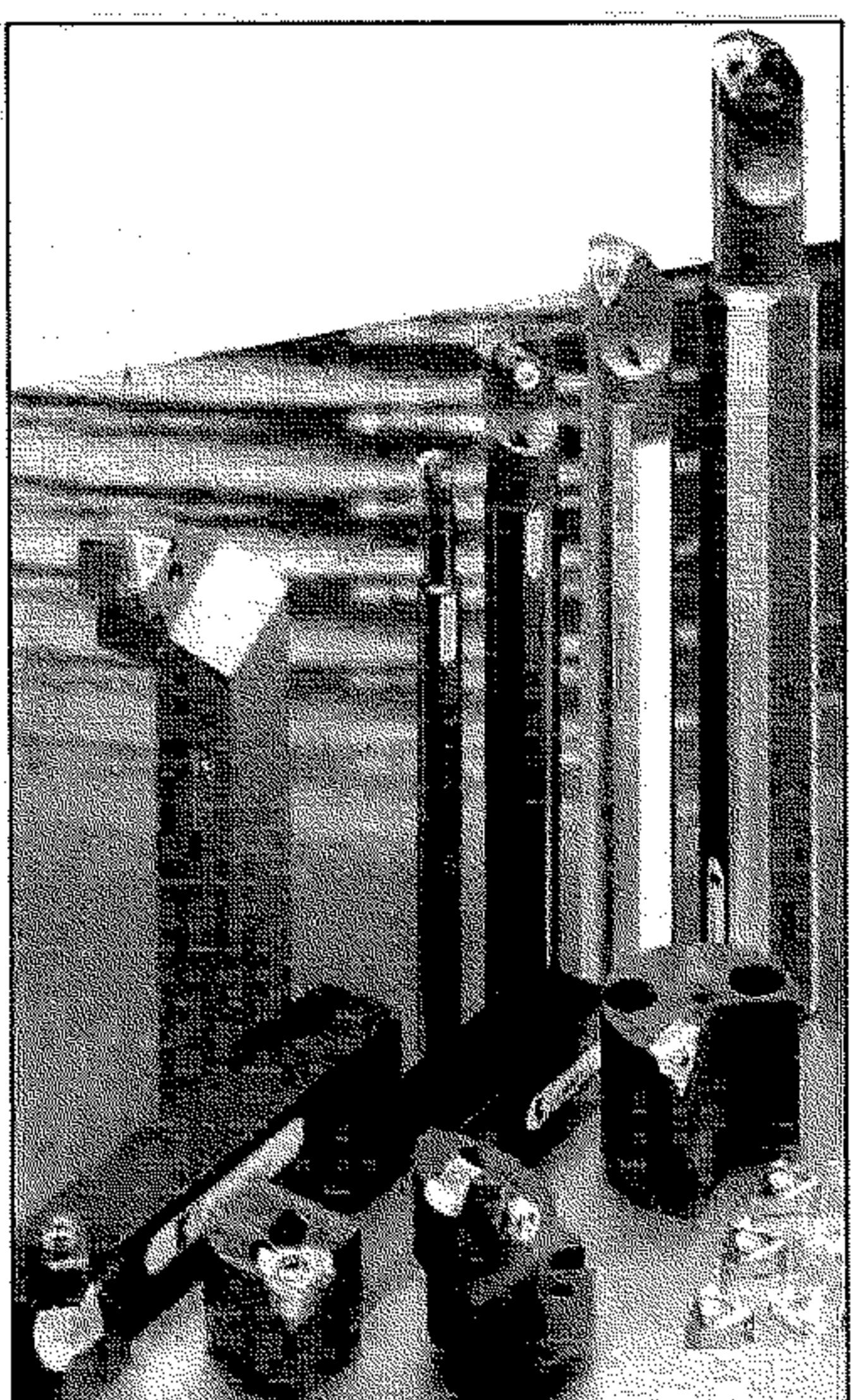
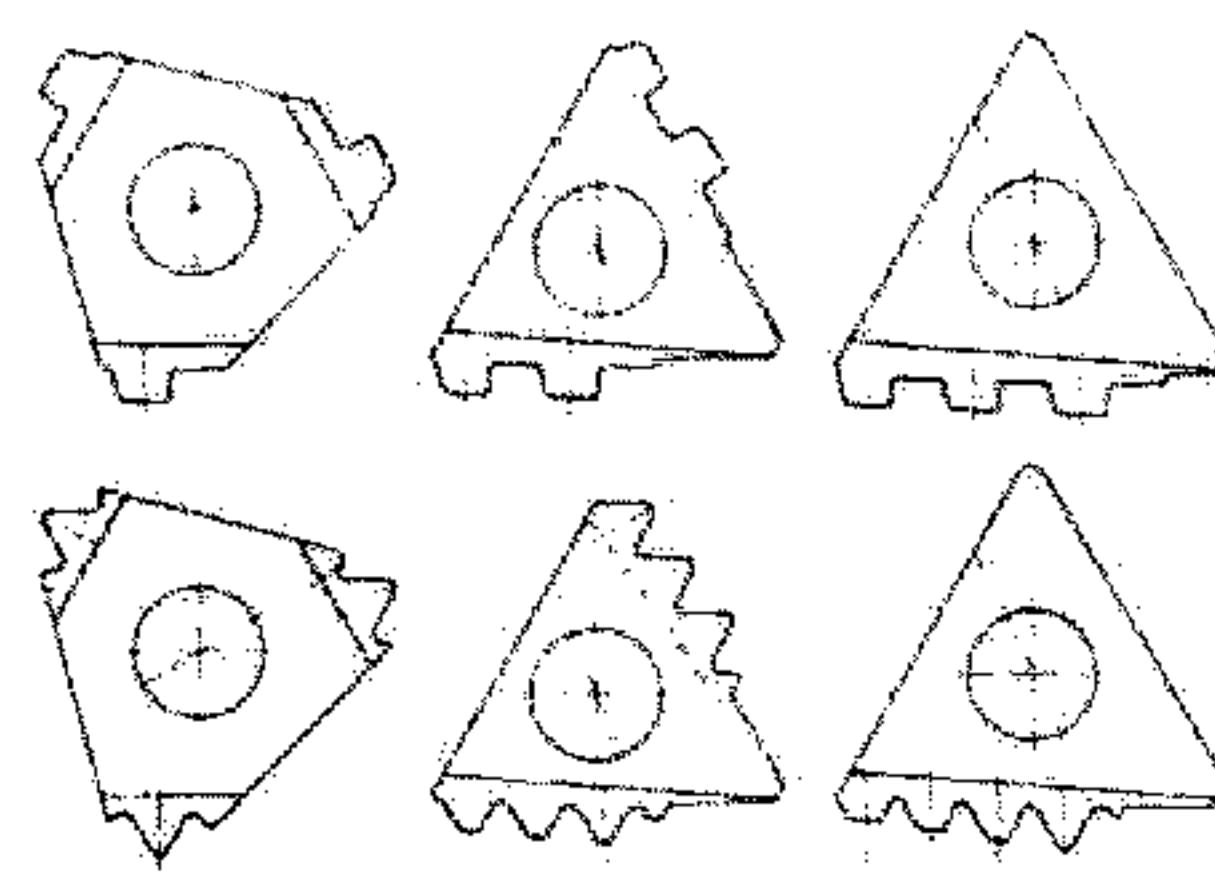


Рис. 7

дой державке возможно альтернативное крепление пластины либо винтом, либо прихватом (рис. 5). В системе 1.47.. той же фирмы пластины для нарезания внутренних резьб крепятся винтом, а пластины для наружных резьб - косой тягой, аналогично креплению Fix-Perfect (рис. 6). В обеих системах стандартно выпускаются все общешриняные типоразмеры державок и борштанг для нарезания наружных и внутренних, правых и левых резьб (рис. 7). Пластины двух систем ограниченно взаимозаменяемы - пластины 1.47.. можно использовать на державках системы LT, обратная замена невозможна.

Для резьб нефтяного сортамента выпускаются также аналогичные по конструкции пластины, но с другим количеством кромок или с несколькими зубьями на каждой грани пластины аналогично резьбовым гребенкам - см. далее (рис. 8).

Рис. 8



В обеих системах возможна замена подкладки под пластину (из стандартно предлагаемого ассортимента) для изменения угла подъема винтовой линии нарезаемой резьбы. Стандартные подкладки, которыми комплектуются все державки, обеспечивают нарезание резьбы с углом подъема винтовой линии 1,5 градуса. Для обработки резьбы с другим углом подъема винтовой линии необходимо заказать другую подкладку. Стандартно выпускаются подкладки для изменения угла подъема винтовой линии в диапазоне от -1,5 до +3,5 градусов. Высота режущей кромки для всех подкладок остается неизменной (рис. 9).

Как дополнение к системам инструмента с горизонтально расположеными трехгранными пластинами для резьб с большими шагами и для особых случаев применения, например, при нарезании резьб нефтяного сортамента, применяются конструкции инструмента с вертикальным расположением пластины, например, система Top-Notch фирмы KENNAMETAL HERTEL. В этой системе применяются специальные резьбообразующие пластины с одним или несколькими зубьями, закрепляемые прихватом в специальную канавку на пластине (рис. 10).

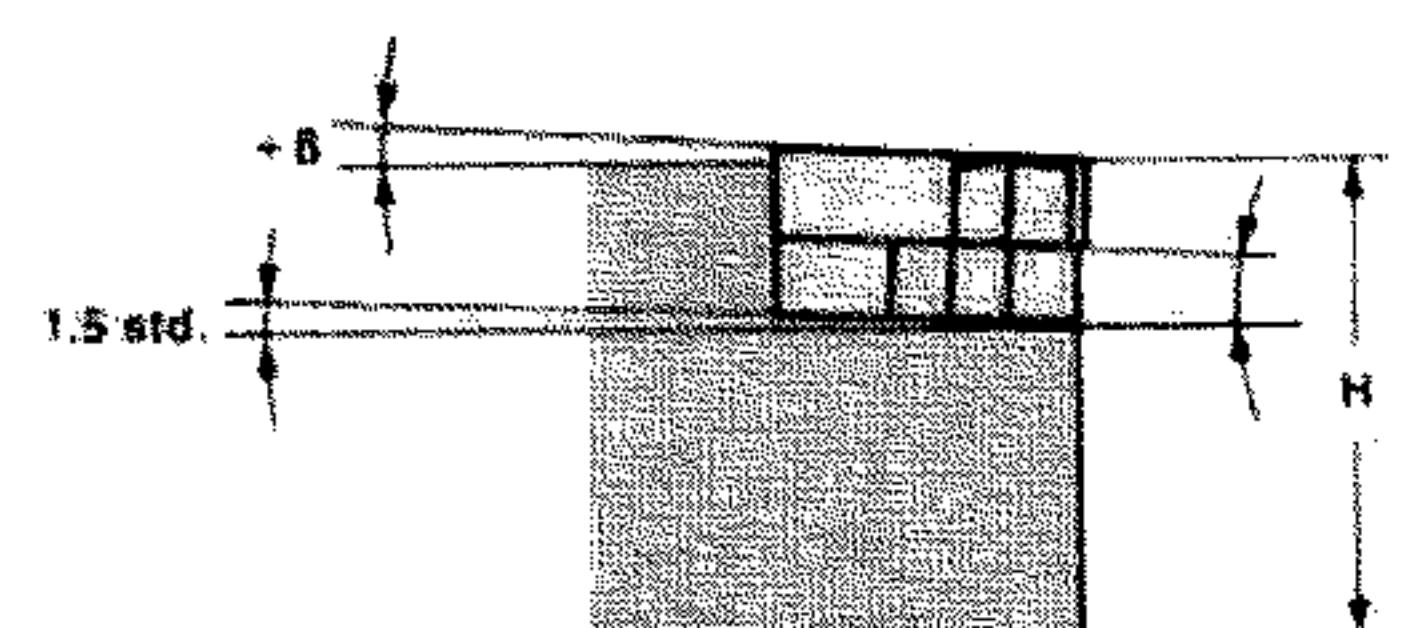


Рис. 9

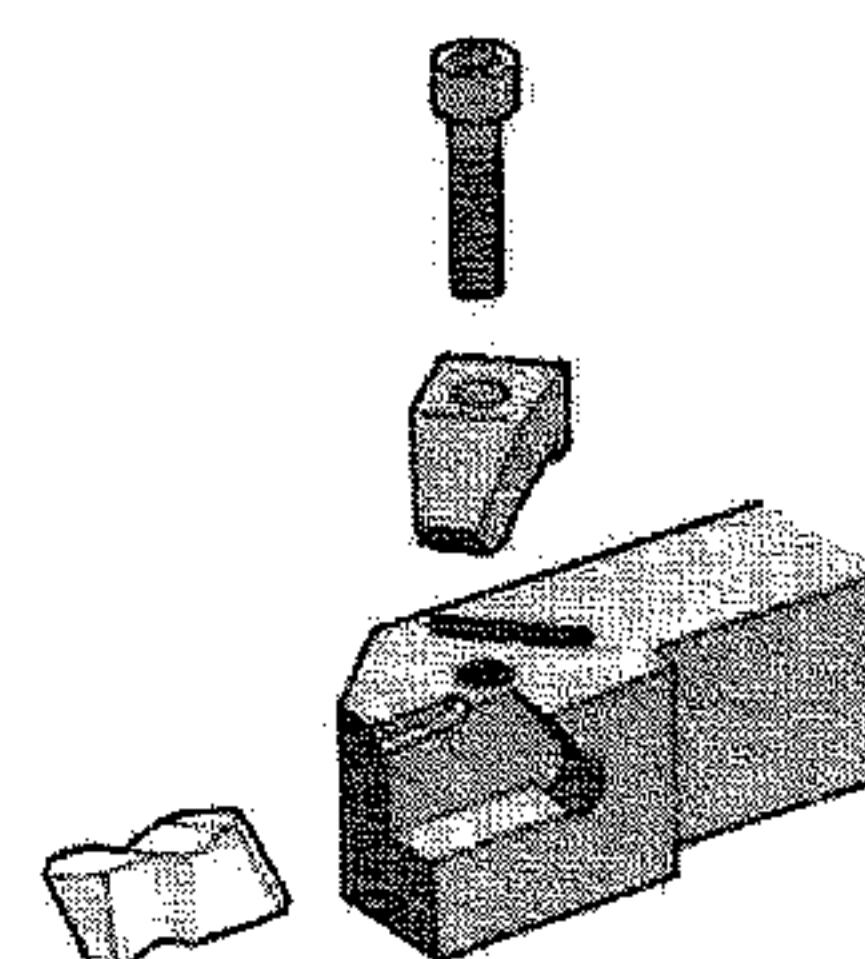


Рис. 10

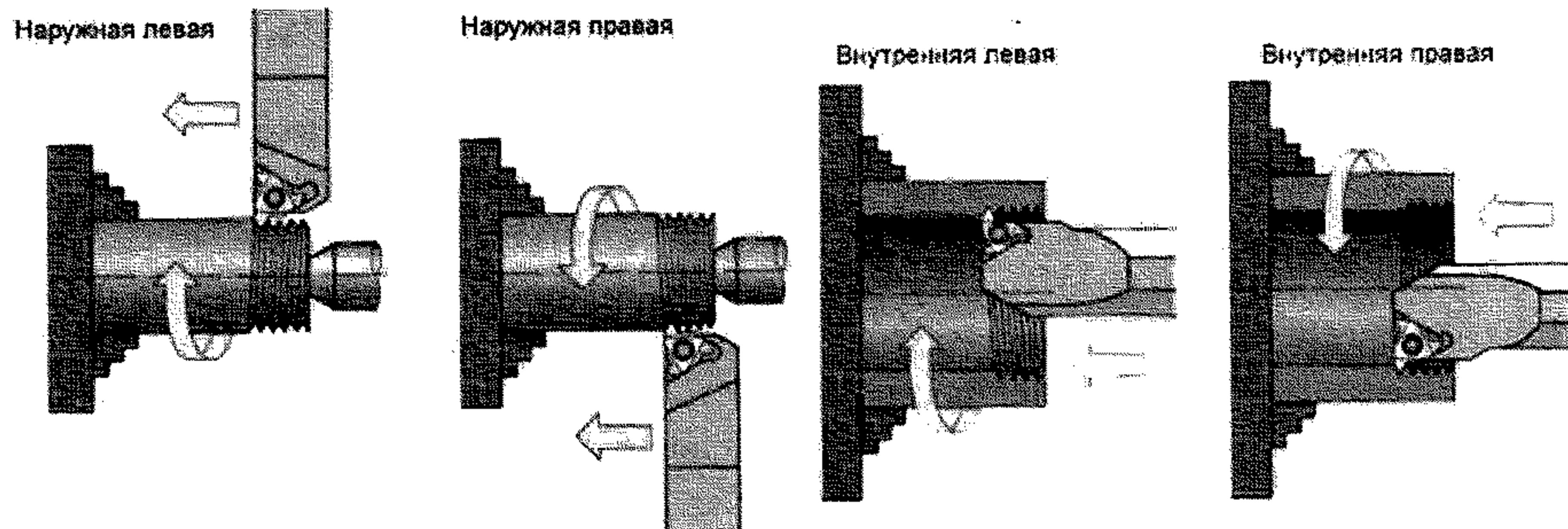
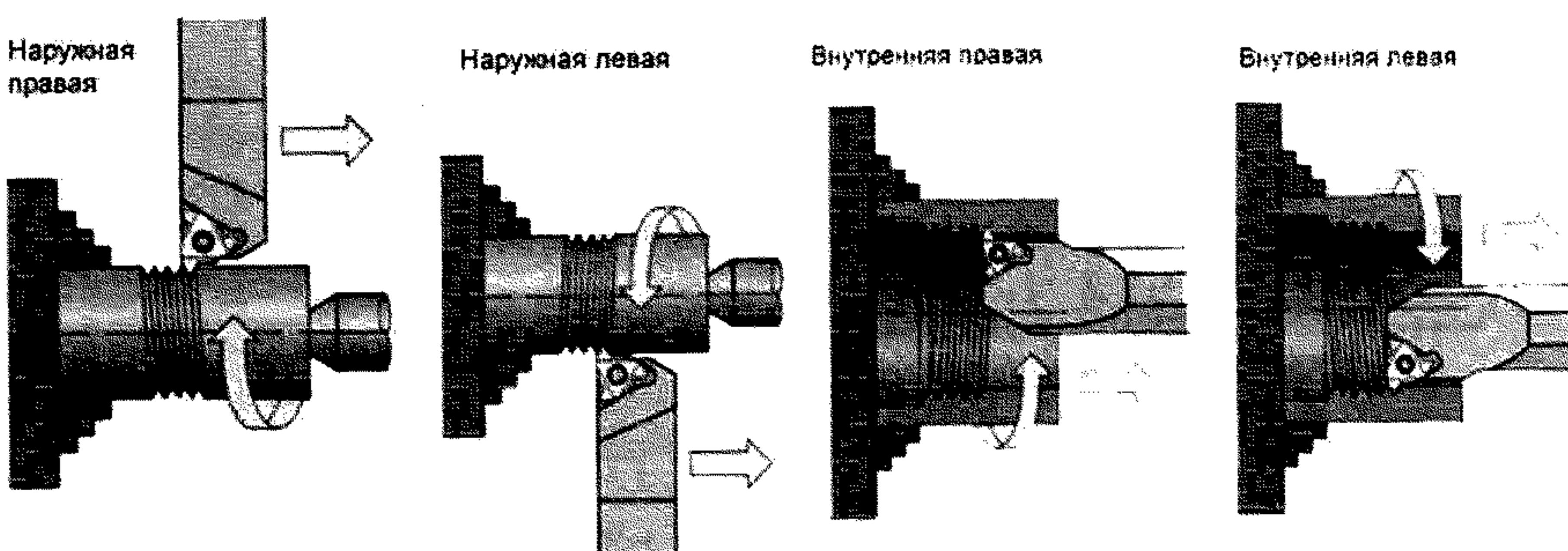


Рис. 11

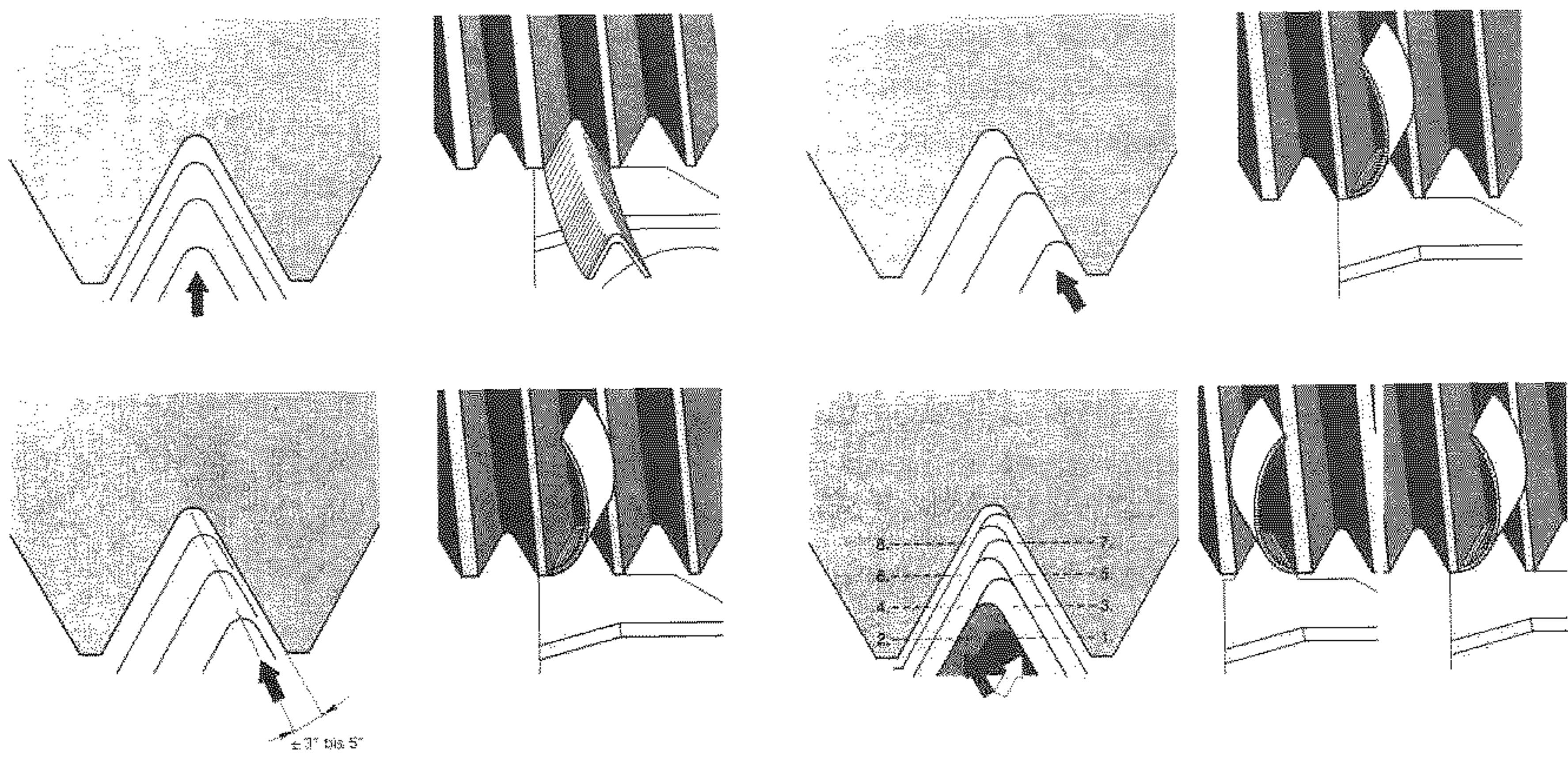


В зависимости от расположения суппорта станка (верхний или нижний), типа резьбы (правая или левая) и типа державки выбирается направление вращения шпинделя и направление движения подачи (рис. 11).

Большое влияние на качество поверхности резьбы, на стойкость пластины и на по-

Рис. 12

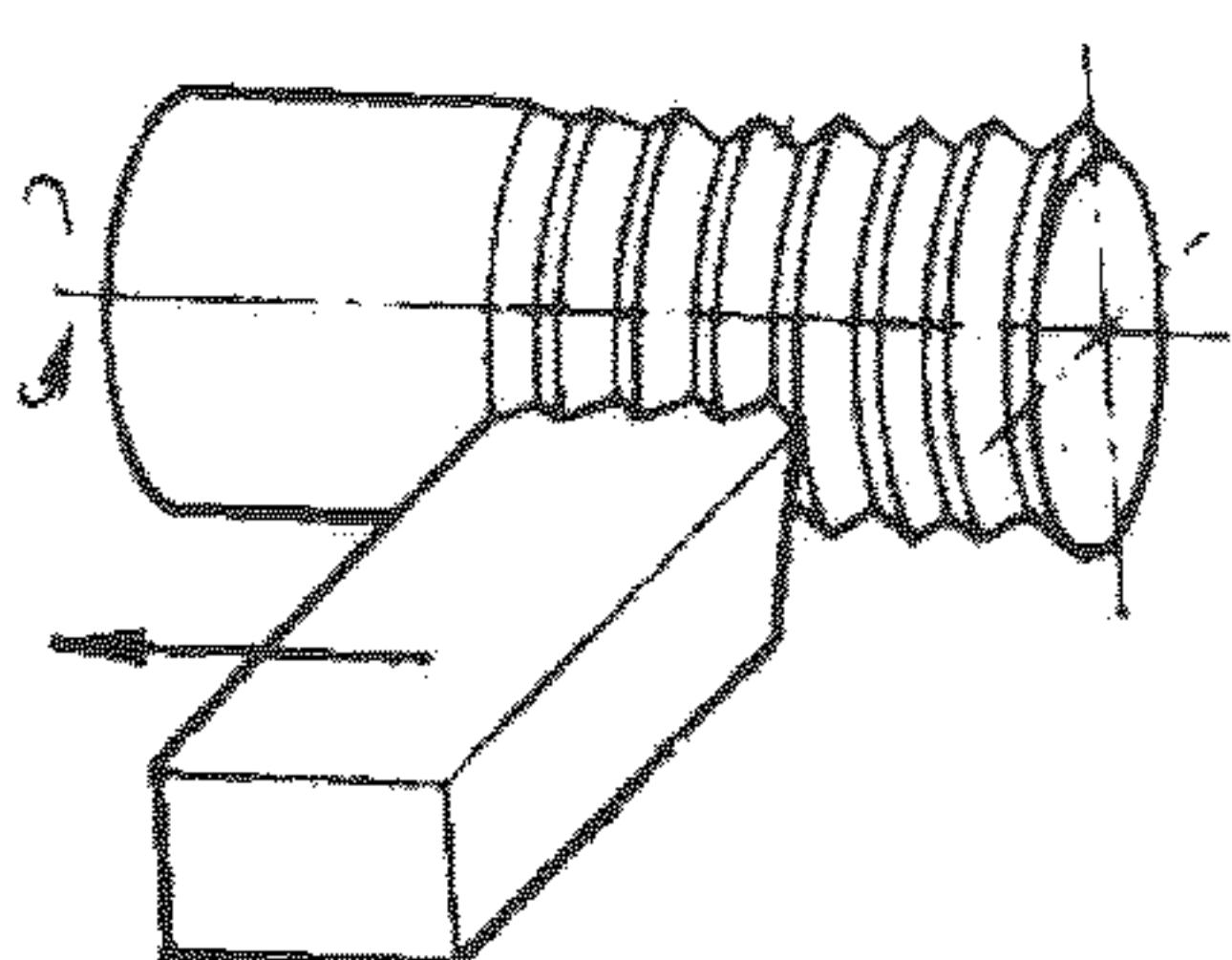
(а, б, в, г)



лучаемую стружку оказывает способ врезания при многопроходном нарезании резьбы. Наиболее простой способ радиального врезания (рис. 12а) заставляет пластину работать сразу двумя сторонами, что равномерно нагружает пластину, но приводит к образованию трудно контролируемой V-образной стружки и к ухудшению качества обработанной поверхности. При подаче вдоль боковой стороны профиля (рис. 12б) стружка становится геометрически определенной и лучше контролируемой, улучшается качество поверхности. При отключенном врезании вдоль боковой стороны (рис. 12в) увеличивается стойкость пластины за счет снижения трения на режущей кромке. Для еще большего увеличения стойкости при обработке крупных резьб применяется метод врезания по боковой стороне с изменением стороны врезания (рис. 12г).

### Обработка резьбы резьбовой гребенкой

Рис. 13



Нарезание резьбы резьбовыми гребенками определяется как винтовое точение, применяемое для изготовления резьбы с помощью инструмента, имеющего несколько резьбовых профилей, ориентированных в направлении подачи (рис. 13). Резьбовыми гребенками нарезается однозаходная и многозаходные внутренние и наружные резьбы.

На резьбовой гребенке резьбовые профили располагаются в ряд, расстояние между ними соответствует шагу резьбы. Резьба такими гребенками изготавливается за один проход, так как гребенки, как правило, имеют заборный и профилирующий участки (рис. 14).

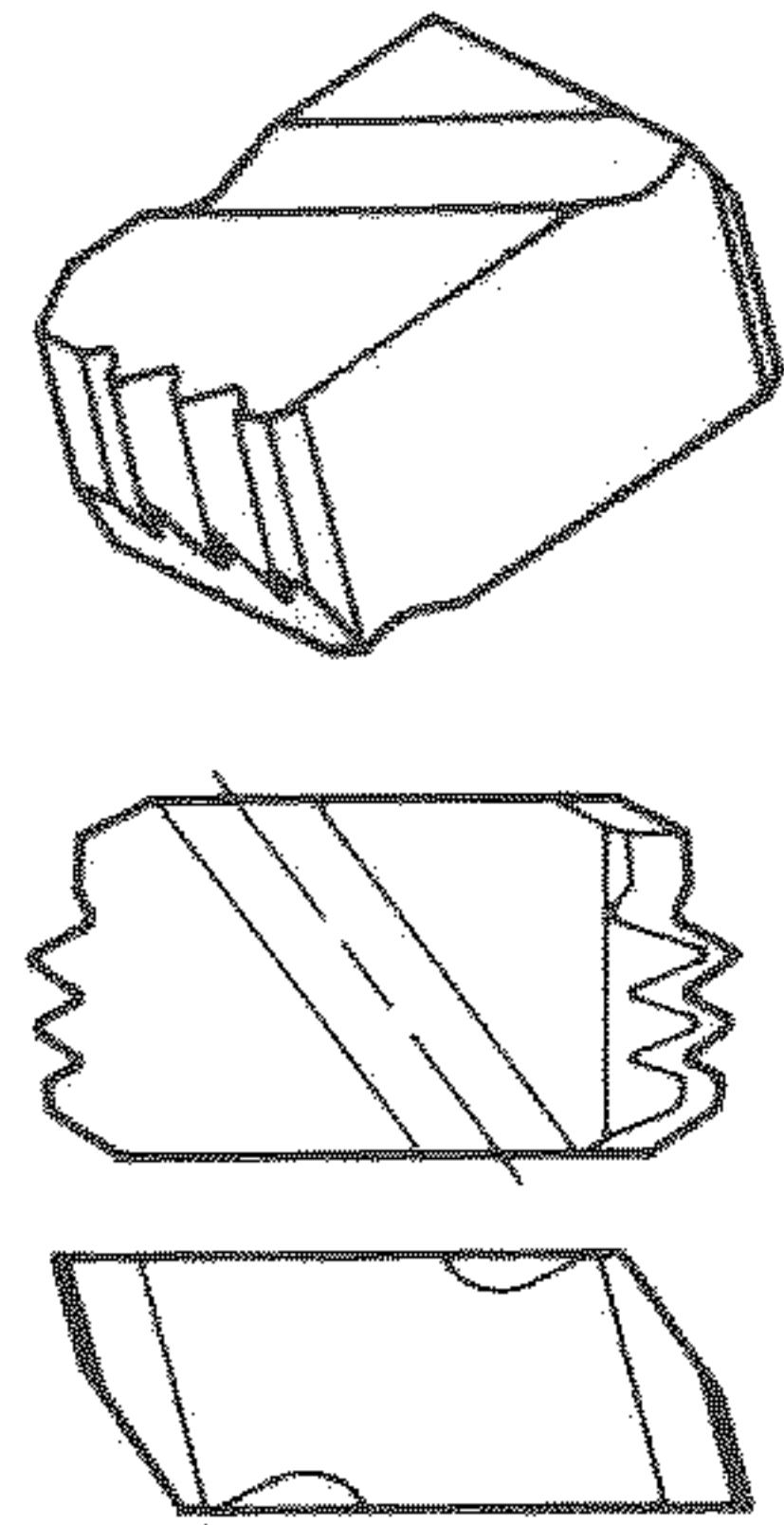


Рис. 14

В зависимости от установки по отношению к детали, гребенки делятся на тангенциальные и радиальные. Как и при нарезании резьбы резцами, в качестве резьбовых гребенок используются дисковые профильные резцы. Применение твердого сплава привело к появлению сменных многогранных пластин, режущая часть которых выполнена в виде резьбовой гребенки. Такое решение имеется как для плосколежащих пластин (см. рис. 8), так и для пластин типа Top-Notch (рис. 15). Такими пластинами нарезаются, как правило, резьбы нефтятного сортамента, в первую очередь резьбы на обсадных трубах (типа Батресс) и на насосно-компрессорных трубах (круглая резьба API).

Рис. 15

### **Нарезание резьбы плашкой и резьбонарезной головкой**

Нарезание резьбы плашками определяется как винтовое точение для изготовления резьбы с помощью инструмента, имеющего в направлении подачи и направлении главного резания (вращения) много зубьев. К этому определению подходят только нарезание резьбы плашками, воротками (клушами) и резьбонарезными головками. Плашка (рис. 16) имеет, как правило, неразъемную конструкцию, хотя применяются и разрезные плашки, вставленные в державку (рис. 17). С помощью регулировочного винта, находящегося в державке напротив разреза в плашке, можно регулировать в небольших пределах диаметр резьбы.

Плашки применяются для нарезания резьб с невысоким качеством поверхности и точностью. Подача осуществляется самой плашкой. Во избежании перекосов необходимо обеспечить перпендикулярность положения инструмента при врезании и пря-

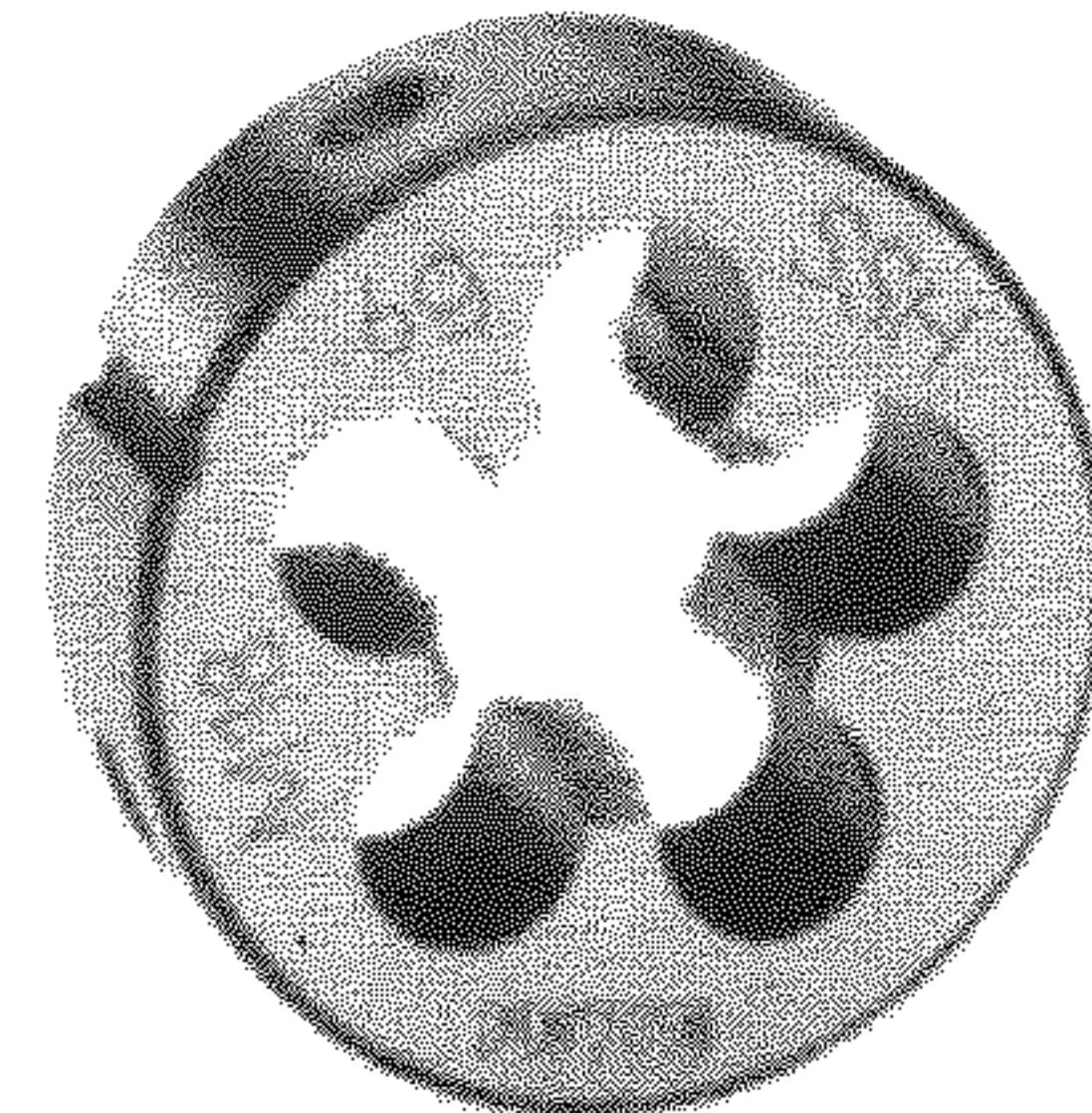


Рис. 16

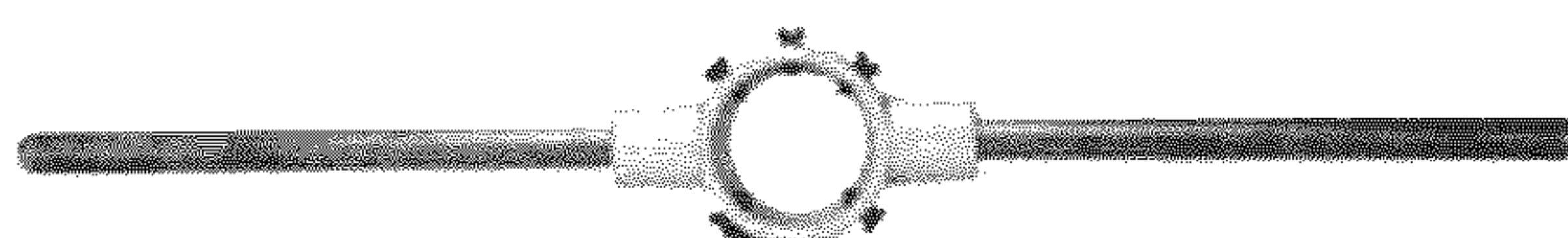
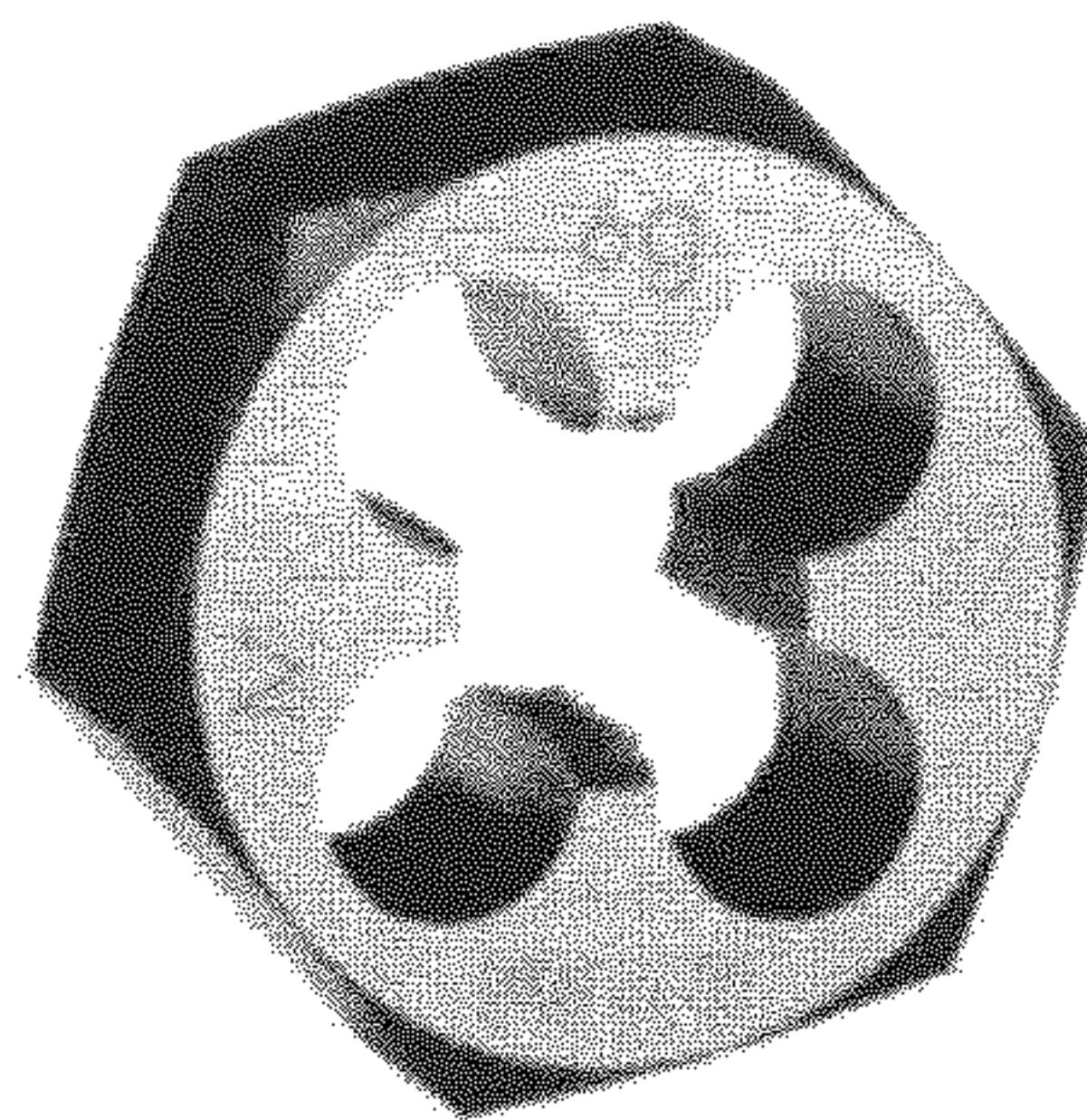


Рис. 17

молинейность направления. Средний угол выбирается в зависимости от обрабатываемого материала, угол заборной части на обеих сторонах плашки составляет, как правило, 60 градусов, при обработке цветных металлов - 90 градусов, при обработке труднообрабатываемых материалов - 45 градусов.

Нарезание резьбы плашками имеет ограничения: нарезание резьбы диаметром более 30 мм и шагом более 4 мм на сплошных заготовках крайне затруднительно. В таких случаях плашки применяются только для калибрования резьбы.

Рис. 18

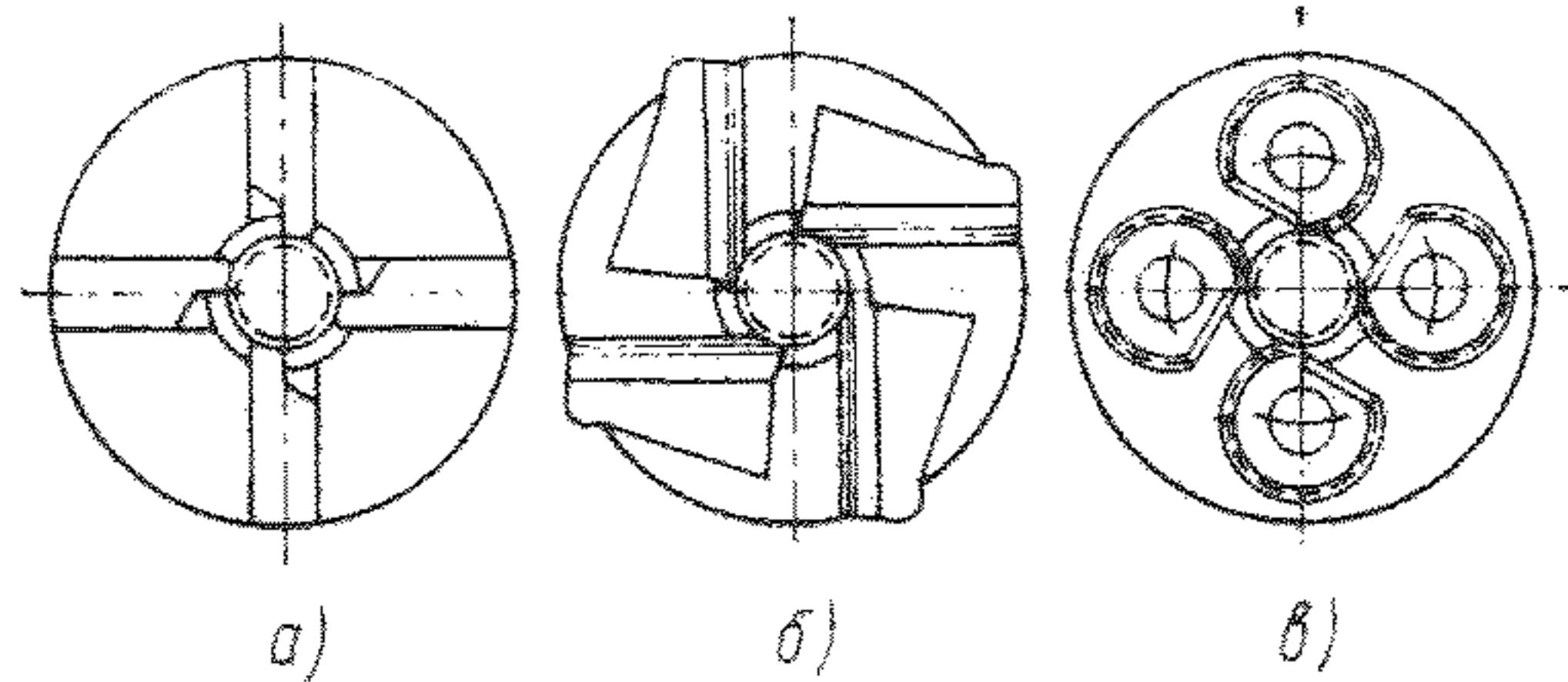


В производственной программе фирм, выпускающих плашки, в обязательном порядке присутствуют плашки для нарезания всех резьб общемашиностроительного сортамента (см. рис. 1), а также для многих не столь распространенных резьб. Отдельно упомянем плашки с наружной поверхности в виде шестиугранника (а не круглой) под ключ (рис. 18). Такие плашки применяются для восстановления и калибрования резьбы.

Недостатком метода изготовления резьбы плашками является появление погрешностей шага при большой длине резьбы. Профиль резьбы, получаемый после врезания, принимает на себя полностью усилия подачи, в результате которых могут возникнуть деформации как резьбы, так и заготовки. Кроме того, возможно появление неоднородности и ухудшение качества поверхности резьбы, особенно при обработке вязких материалов. Отвод плашки производится по уже нарезанной резьбе, что приводит к увеличению вспомогательного времени и к возможности повреждения резьбы.

Клуппы (воротки) имеют схожую с плашками конструкцию и также применяются для ручного нарезания резьбы. Они имеют четыре радиально или тангенциаль но расположенные гребенки. Гребенки являются сменимыми и регулируемыми. Благодаря этому можно нарезать резьбы различных диаметров и шагов. Другой особенностью конструкции клуппа является то, что после нарезания резьбы он открывается и нет необходимости в отводе по готовой резьбе. Подача, как и для плашки, осуществляется самим клуппом. Клуппом можно нарезать более крупные резьбы, чем плашкой.

Рис. 19



Резьбонарезные головки по своей конструкции аналогичны клуппам, но предназначены для машинного нарезания резьбы. В зависимости от типа и расположения гребенок различают резьбонарезные головки с радиальными и тангенциальными плоскими гребенками и с круглыми гребенками (рис. 19).

Головки первого типа (рис. 19а) компактнее и проще других головок. Однако надо учитывать также особенности применения головок. Гребенки всех типов устанавливаются в головке всегда выше центра на некоторую величину. В результате такой установки возникающие упругие и пластические деформации материала заготовки образуют контактные площадки между резьбовыми поверхностями нарезаемой детали и профильными поверхностями резьбовых элементов гребенок. Эти контактные площадки обеспечивают центрирование и подачу резьбонарезной головки. Чем больше эти площадки, тем меньше погрешности резьбы. Величина площадок зависит от типа и состояния гребенок. Для головок с радиальными гребенками величина площадок уменьшается по мере переточек, что делает сами гребенки недолговечными.

Резьбонарезные головки с тангенциальными головками (рис. 19б) имеют более сложную конструкцию. Эти головки имеют наибольшую величину контактных площадок и, следовательно, наилучшие условия самоподачи. Поскольку переточка гребенок осуществляется с торцевой стороны, то искажения профиля отсутствуют.

Резьбонарезные головки с круглыми гребенками (рис. 19в) также допускают большое количество переточек. Эти гребенки более технологичны и компактны, но имеют наименьшую величину контактных площадок.

Резьбонарезные гребенки имеют многонаправленную режущую часть (рис. 20) с режущими и направляющими зубьями с заборной частью. Геометрия резания (передние углы) выбирается в зависимости от обрабатываемого материала. Для сокращения вспомогательного времени применяются самооткрывающиеся головки. Они бывают с жестким креплением или вращающиеся. При перемещении головки до упора, соответствующего длине нарезаемой резьбы, гребенки раскрываются и головка отводится на ускоренном ходу, не повреждая нарезанную резьбу. Наиболее часто применяемой является схема обработки на резьбонарезном станке с самооткрывающимися вращающимися резьбонарезными головками при неподвижной заготовке. Станок, на котором установлена резьбонарезная головка, должен соответствовать повышенным требованиям по биению шпинделя и соосности детали и головки.

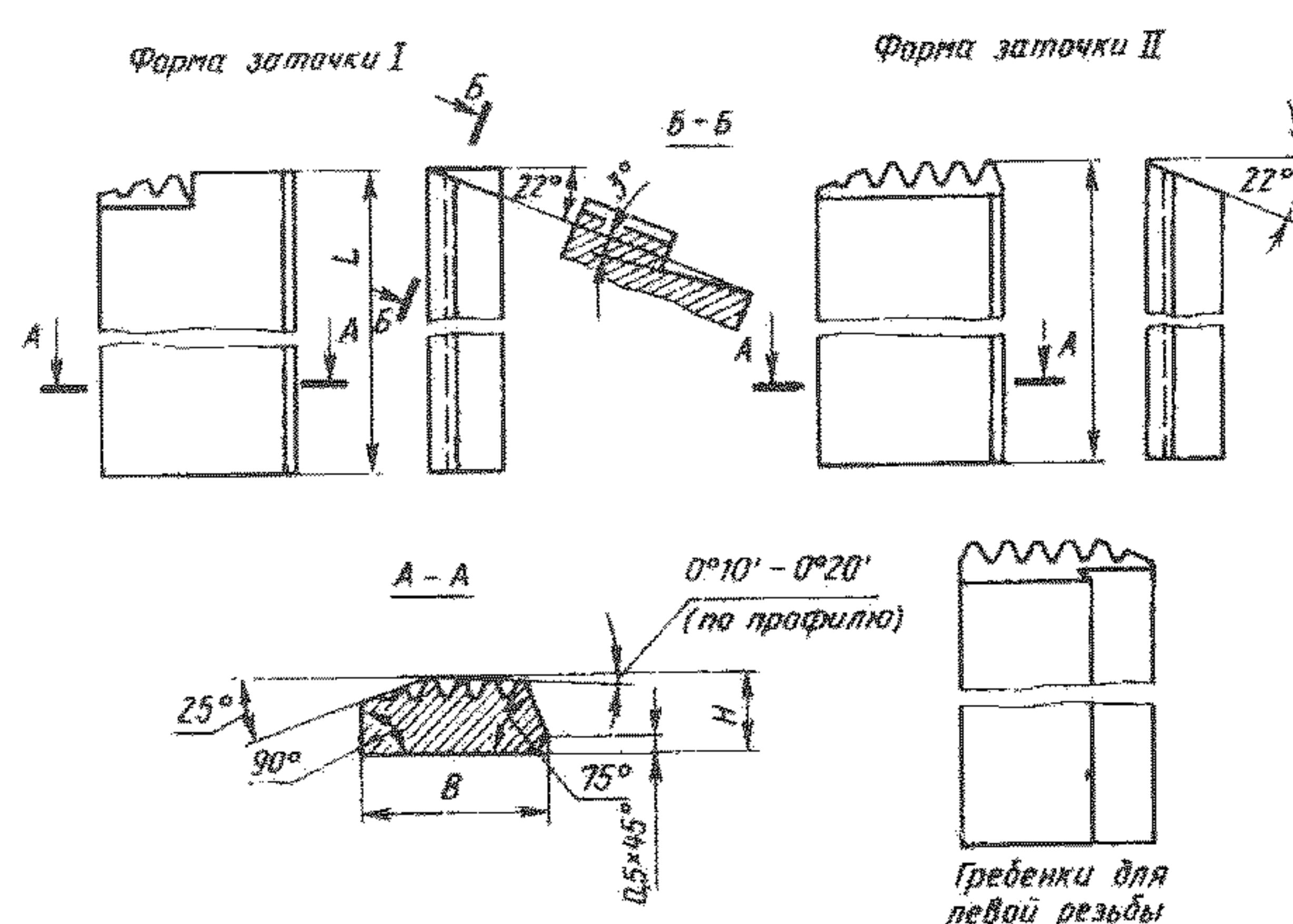
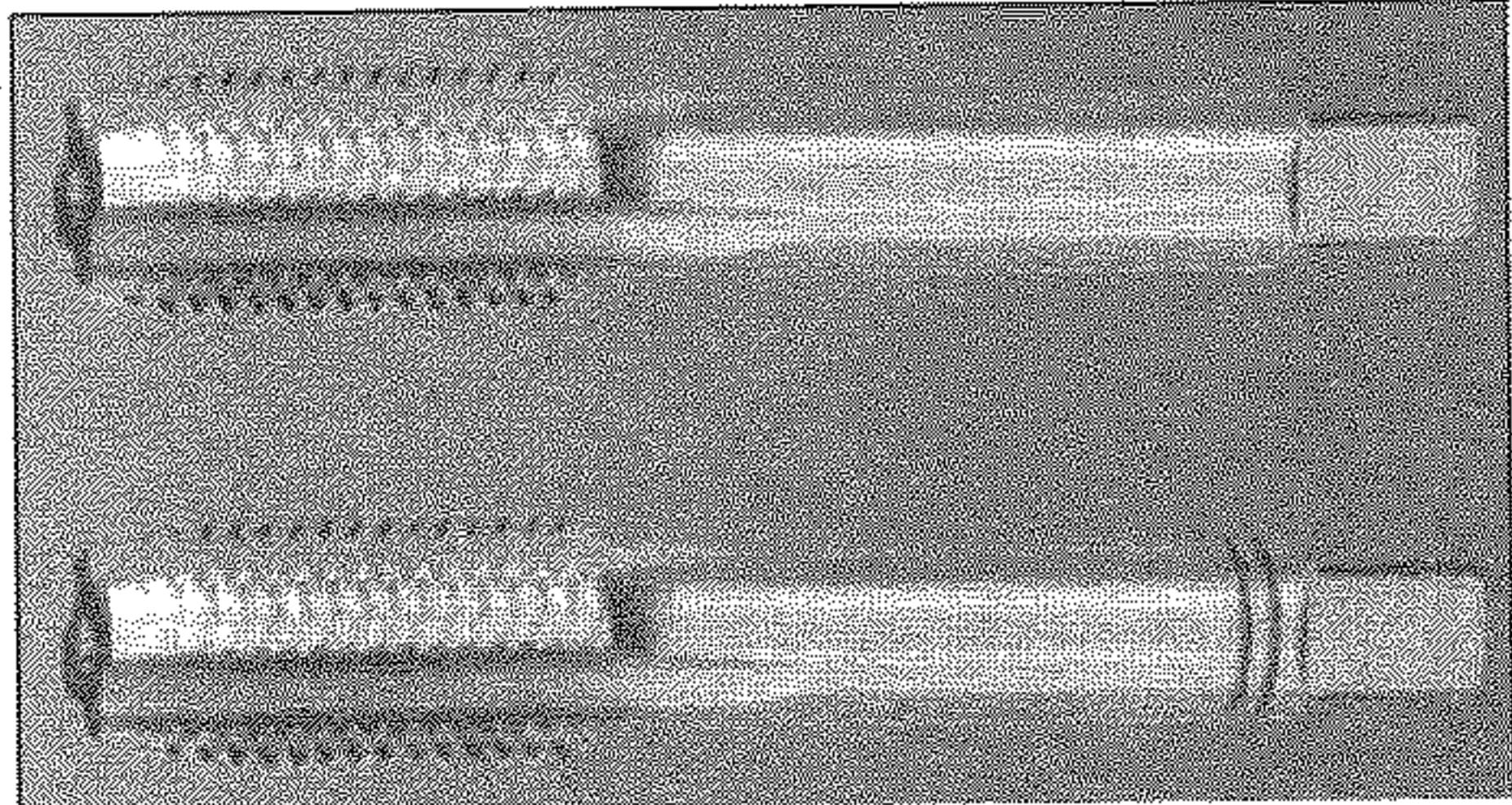


Рис. 20

## **Нарезание внутренней резьбы метчиком**

Нарезание резьб метчиками - это растачивание (рассверливание) метчиком для формирования внутренней резьбы. Для резьб диаметром до 50 мм нарезание метчиком наиболее простой и экономичный способ изготовления внутренней резьбы. Применение метчиков для резьб большего диаметра становится менее эффективным. Точность обработки резьбы в этом случае определяется, в основном, точностью самого метчика. При хорошем изготовлении метчиков на финишном резьбошлифовальном оборудовании возможно получение из-под метчика резьбы высокой степени точности.

Рис. 21



Метчики в самом общем виде разделяются на ручные (комплектные) и машинные. Ручные метчики (рис. 21) используются в комплектах из 2-4 метчиков. Количество метчиков в комплекте

определяется в первую очередь обрабатываемым материалом. Обычный комплект из трех метчиков включает черновой, средний и чистовой метчики (на рис. 21 показан средний и чистовой метчики).

Распределение припуска по проходам метчиков и различие в геометрии заборной части показаны на рис. 22 (1 - черновой метчик, 2 - средний, 3 - чистовой). Черновой метчик удаляет 50% материала, средний метчик - 30% и чистовой 20% материала.

Машинные метчики применяются, в основном, как однопроходные. Они подразделяются на укороченные (рис. 23а), метчики с усиленным хвостовиком (рис. 23б), метчики с нормальным хвостовиком (рис. 23в) и гаечные метчики (рис. 23г), которые в свою очередь подразделяются на метчики с прямым и с изогнутым хвостовиком. Поскольку при резании метчиком всегда имеется опасность поломки метчика из-за неблагоприятных условий отвода стружки, нарезание резьбы метчиками производится на относительно низких скоростях резания (для сталей 5 - 15 м/мин, для цветных металлов до 25 м/мин). В производственной программе большинства фирм представлены разнообразные метчики для различных областей применения.

Рис. 22

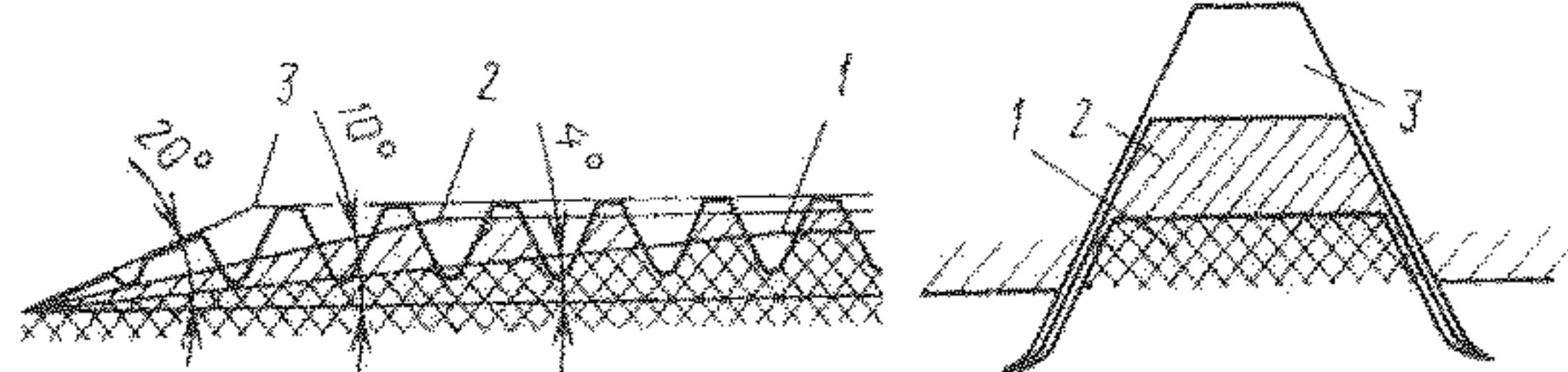
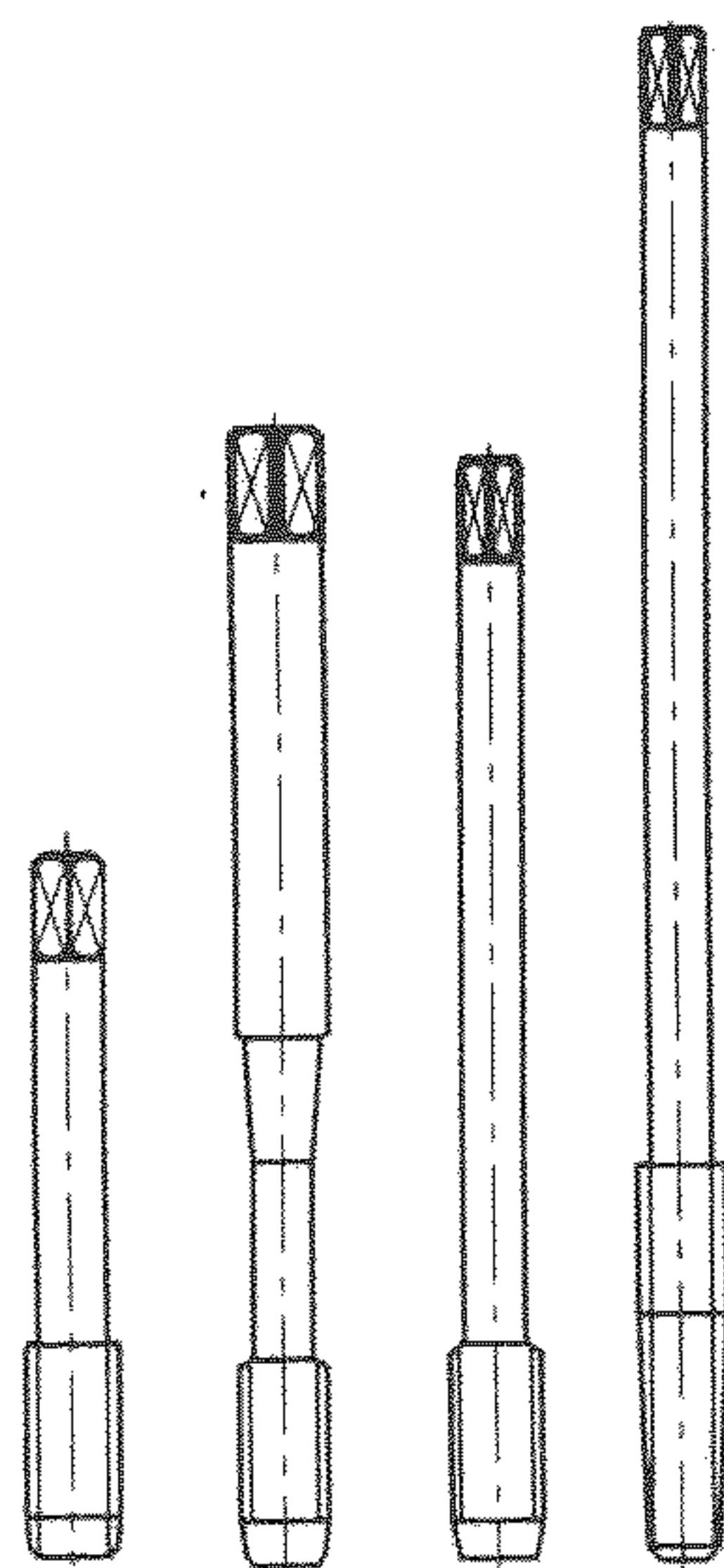


Рис. 23



Наиболее часто применяются метчики с прямыми стружечными канавками. Винтовая подточка улучшает стружкодробление и стружкоотвод. Шахматное расположение зубьев облегчает нарезание резьбы в глухих отверстиях в вязких материалах. Метчики с винтовыми стружечными канавками обеспечивают хороший отвод стружки, что делает применение таких метчиков особо выгодным для обработки резьб с небольшим сбегом в глухих отверстиях. Рассмотрим современные конструкции метчиков подробнее на примере продукции одного из лидеров в этой области фирмы FETTE (Германия).

Машинные метчики общего назначения (рис. 24) перекрывают самый широкий спектр областей применения. Эти метчики имеют несколько исполнений - с прямыми канавками, с правыми и левыми винтовыми канавками с углом подъема винтовой линии 15 градусов, с шахматным расположением зубьев. Применяются для обработки различных материалов.

Метчики со стружколомающими канавками (рис. 25) применяются для обработки глухих отверстий. Стружколомающие канавки на задней поверхности метчика ломают стружку на обратном ходу при выходе метчика из отверстия. При этом уменьшается опасность возникновения нароста или выкрашивания на режущей кромке и снижается крутящий момент. Метчики со стружколомающими канавками имеют более высокую стойкость по сравнению с обычными метчиками.

Специализированные метчики для обработки сквозных отверстий типа MARKANT (рис. 26) благодаря винтовой подточке обеспечивают особенно хороший отвод стружки. Эти метчики имеют стандартное применение как при работе с направляющими устройствами, так и без них. В исполнении для обработки вязких материалов возможна также обработка резьб глубиной более трех диаметров.

Метчики RASANT (рис. 27) являются высокопроизводительными метчиками для обработки глухих отверстий. Винтовые канавки надежно отводят стружку, а минимальное затылование обеспечивает точное по шагу направление метчика без

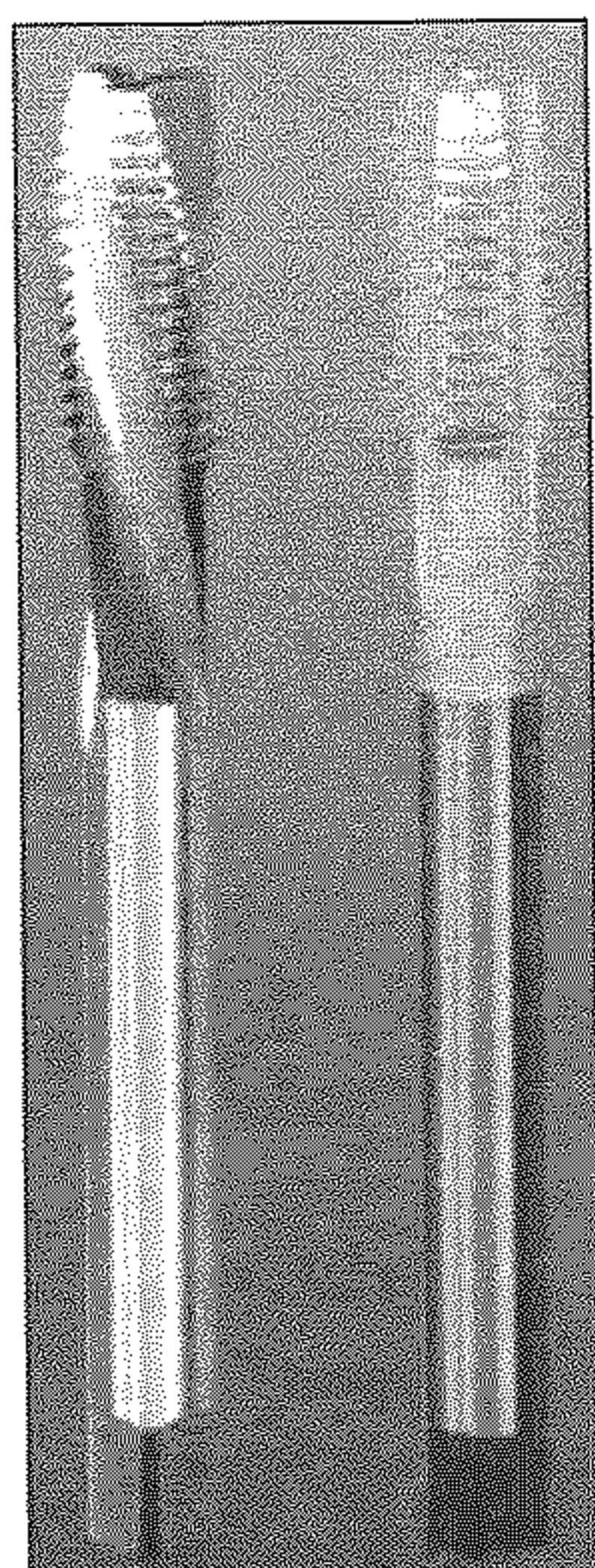


Рис. 24

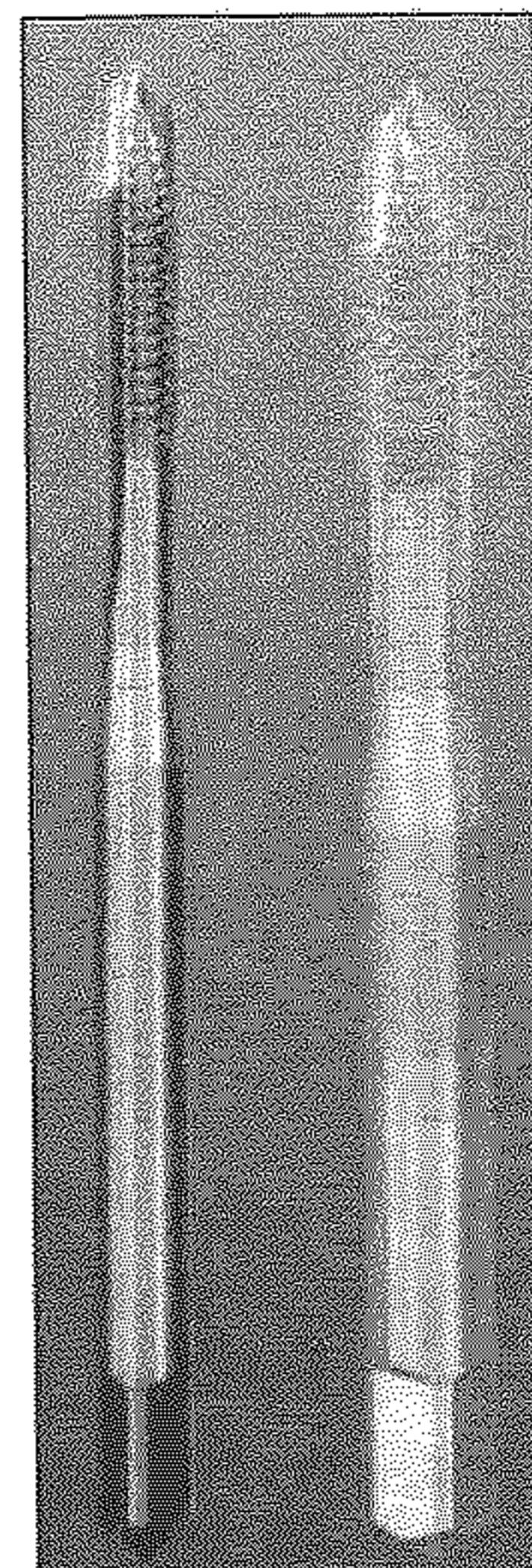


Рис. 25

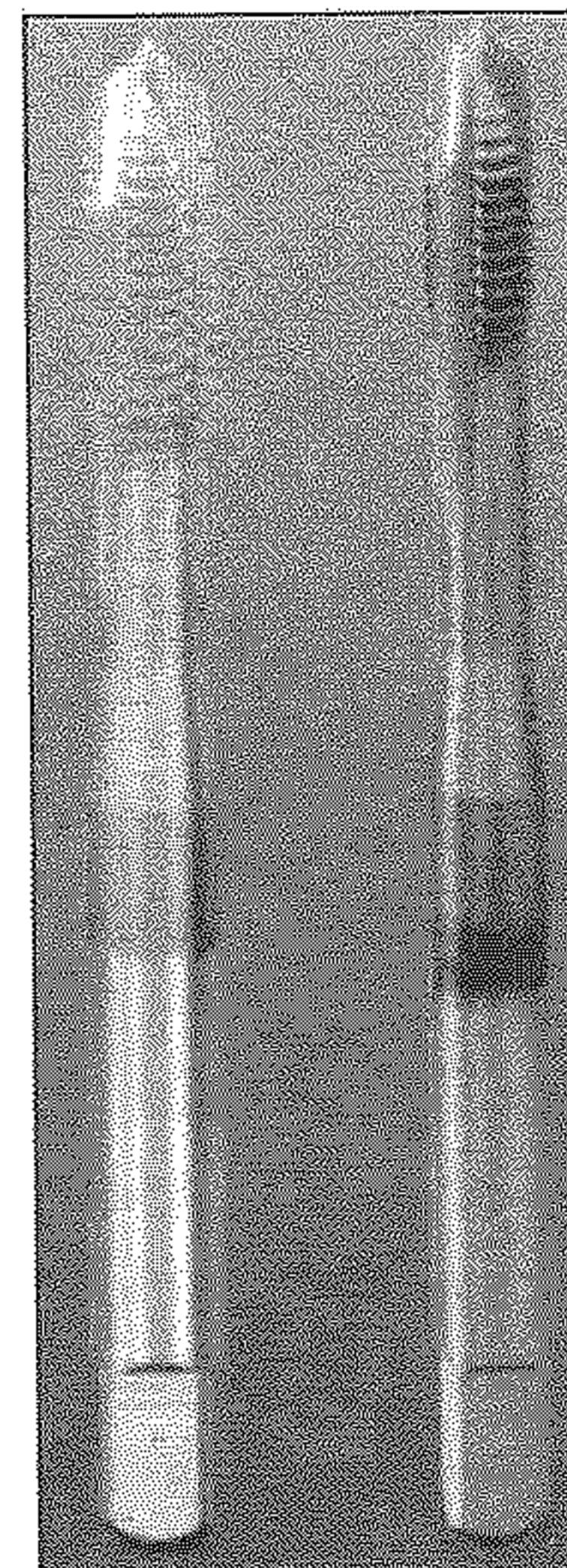


Рис. 26

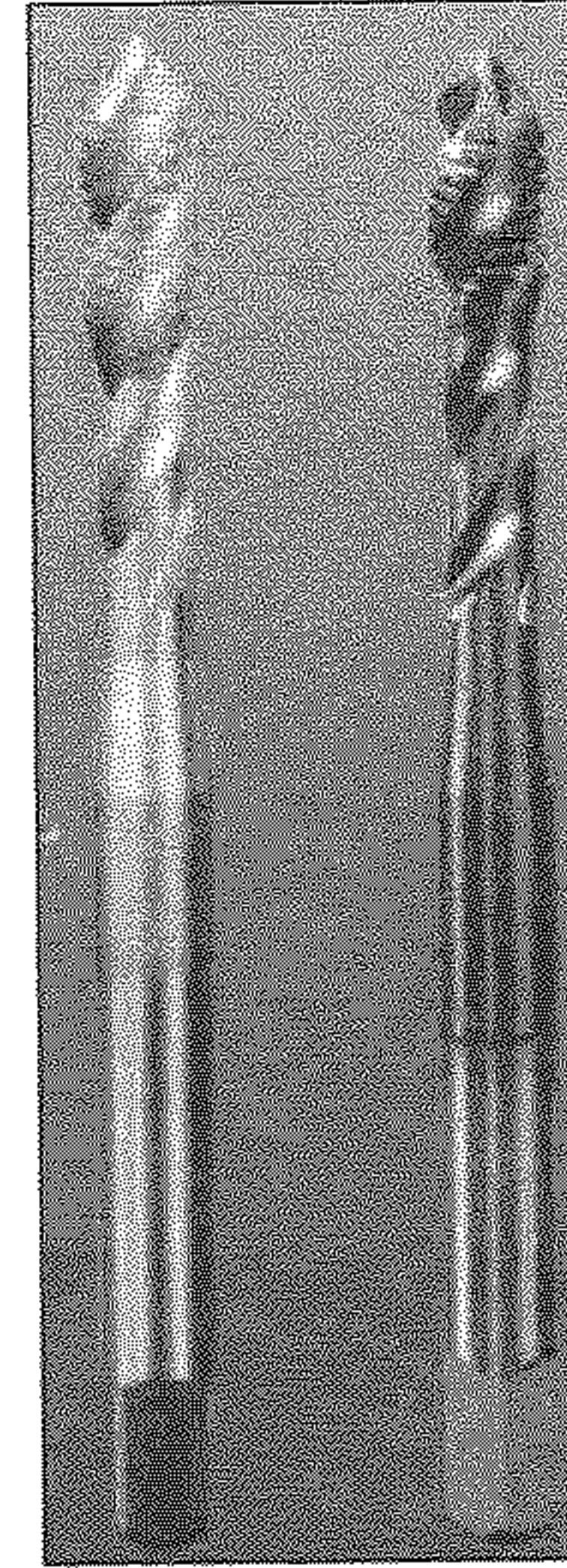


Рис. 27

применения специальных устройств. Имеется исполнение для обработки вязких материалов.

Для обработки титана, титановых сплавов и других, подобных им по свойствам, материалов, разработаны метчики соответствующей конструкции (рис. 28). Калибрующая часть метчика имеет шахматное расположение зубьев, что снижает трение и уменьшает заклинивающий эффект. Для предотвращения холодного приваривания материала, поверхность метчика покрыта  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Геометрия метчиков для сквозных отверстий соответствует геометрии MARKANT, а для обработки глухих отверстий применяется геометрия RASANT.

Для обработки материалов, вызывающих повышенный износ инструмента, например, серых чугунов, короткостружечных алюминиевых сплавов ( $>10\%$  кремния) и абразивных пластмасс применяются цельные твердосплавные метчики (рис. 29). Метчики диаметром более M6 имеют внутренний канал подвода СОЖ с выходом на торец метчика. Эти метчики выпускаются в двух исполнениях - с прямыми канавками для глухих и сквозных отверстий и с винтовой 15-ти градусной канавкой для глухих отверстий глубиной до двух диаметров.

Для обработки вязких материалов, дающих длинную стружку, например, аустенитных перекавающих сталей и высокопрочных алюминиевых сплавов, применяются метчики с внутренним подводом СОЖ (рис. 30). Центральный канал подвода СОЖ имеет выходные отверстия на стенки стружечных канавок. Эти метчики также имеют геометрию MARKANT для сквозных отверстий и геометрию RASANT для глухих отверстий.

Рис. 28

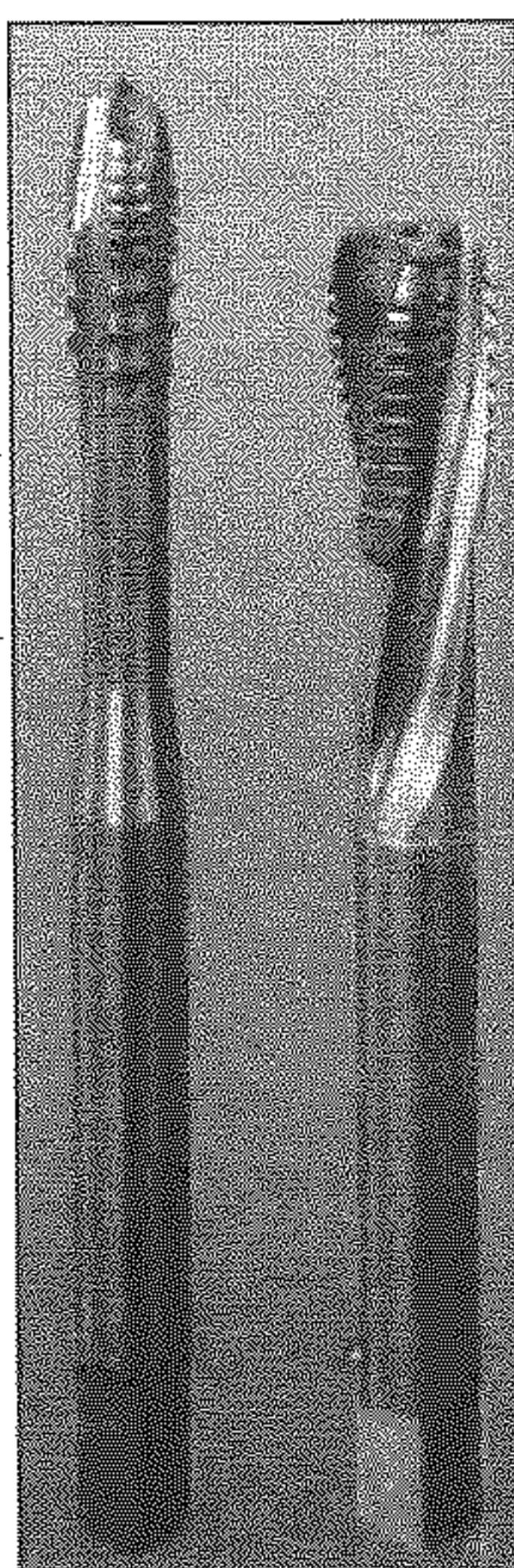


Рис. 29

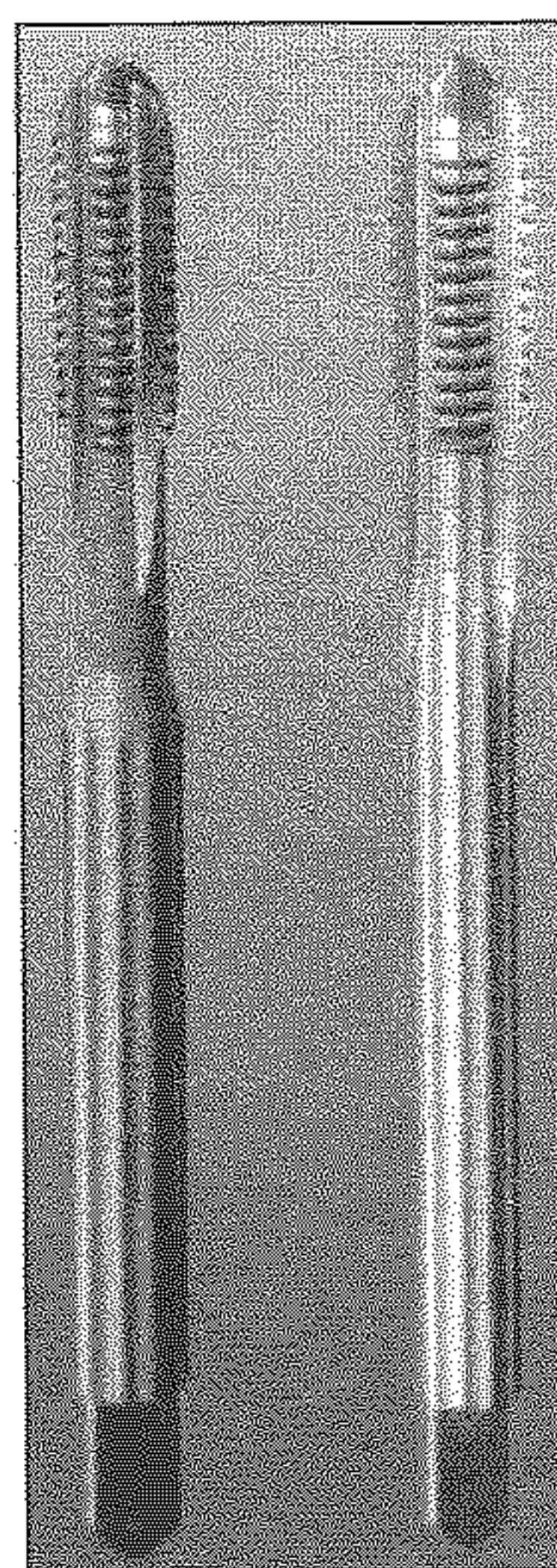


Рис. 30

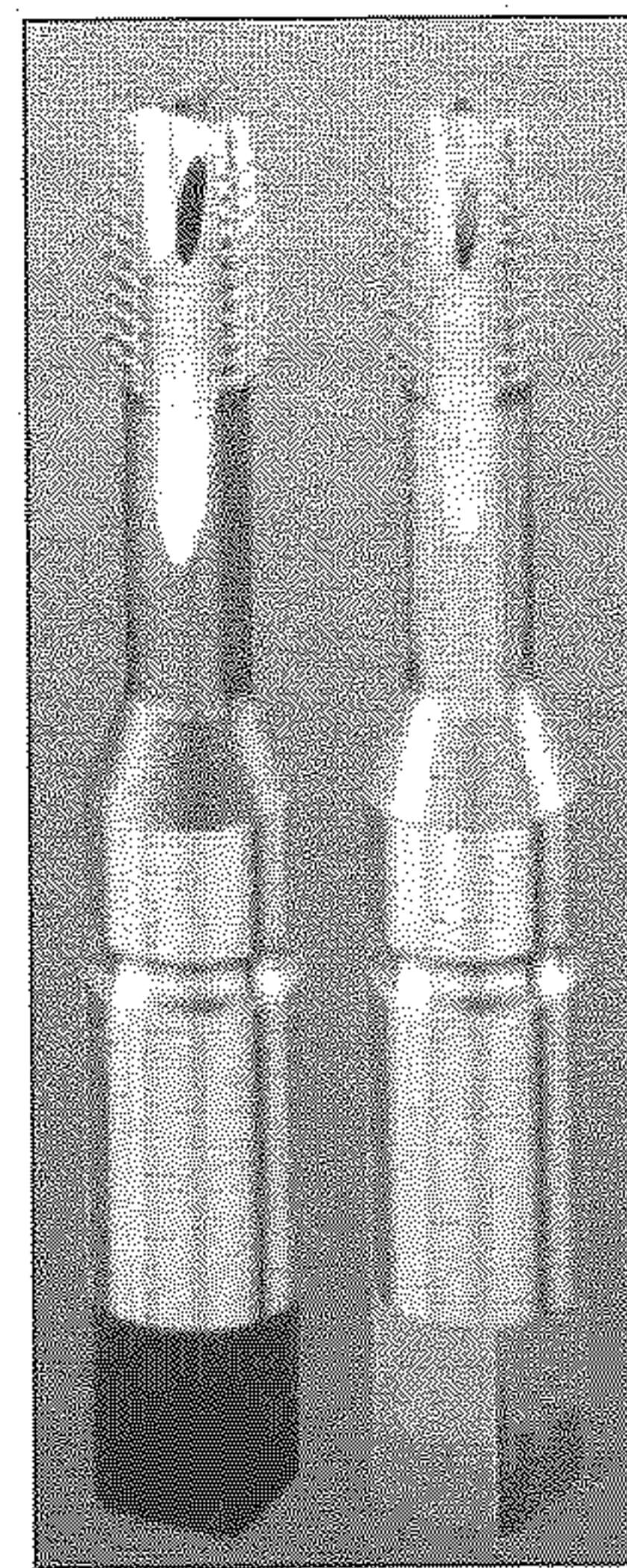
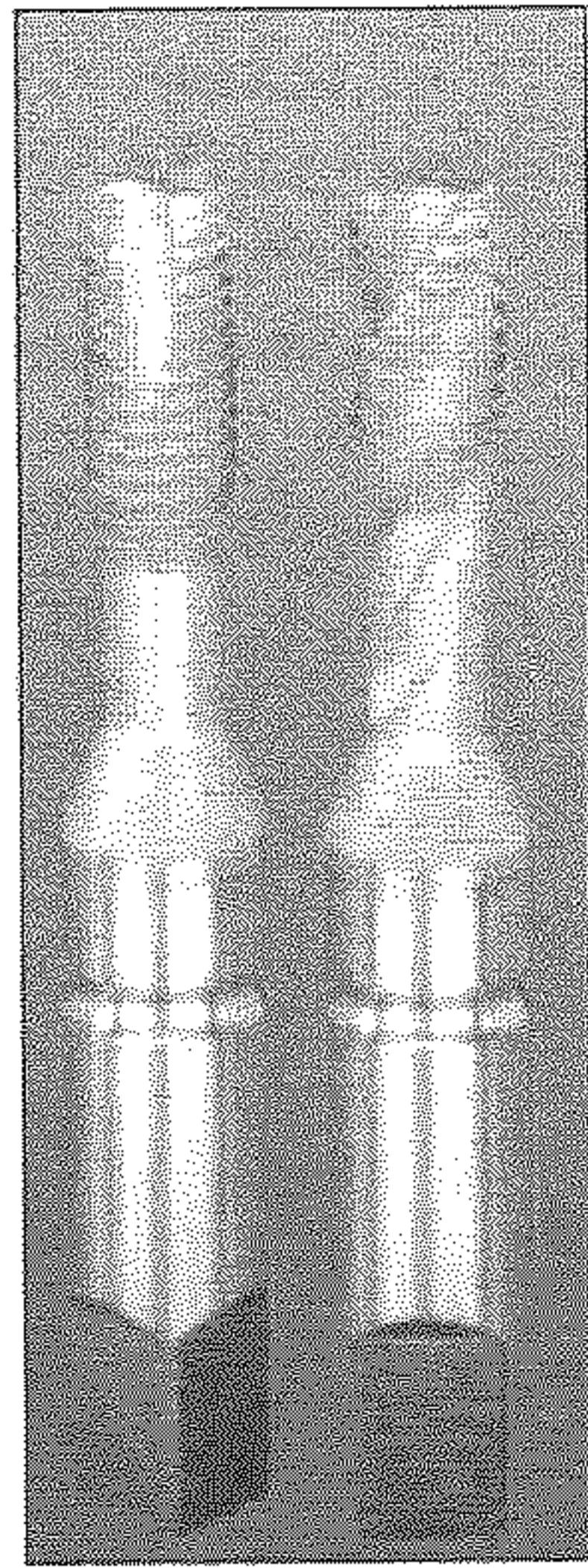


Рис. 31



В метчиках CNC-Intertap (рис. 31) принципиально изменен подход к конструкции хвостовика метчика. В стандартных решениях каждому диаметру метчика соответствует хвостовик вполне определенного диаметра, что требует для каждого

метчика своего вспомогательного инструмента. В системе CNC Intertap все метчики в диапазоне от M2 до M20 разделены на три группы, каждая из которых имеет свой диаметр хвостовика. Таким образом, необходимо только три адаптера под метчик для зажима всех метчиков данного диапазона. Кроме того, все эти метчики имеют фиксированную длину, что облегчает настройку на размер инструмента. Для фиксации длины метчики имеют кольцевую канавку.

Для обработки резьб большого диаметра (38 - 52 мм) фирма предлагает метчики со сменными пластинами (рис. 32). Каждая пластина по мере износа может быть три-пять раз переточена, а затем легко заменена на новую. Точно также простой заменой комплекта пластин можно перейти на обработку резьбы другого профиля или в другом материале. Поскольку корпус имеет значительный срок службы, общие затраты на инструмент при использовании такого метчика сокращаются.

Для сверления отверстия и нарезания резьбы в сквозных отверстиях в определенных случаях возможно применение комбинированных инструментов типа сверло-метчик (рис. 33). В этих определенных случаях такая конструкция является идеальным решением, поскольку сверление и нарезание резьб осуществляется за один рабочий ход. При этом существенно сокращается машинное время и, соответственно, повышается экономичность производства.

На базе представленной стандартной программы метчиков фирма выпускает также инструменты для специальных решений, например для специальных резьб или специальных материалов, для специальных видов обработки, таких как представленный, например, на рис. 34 ступенчатый инструмент, первая ступень которого представляет собой развертку, а вторая - метчик. При помощи данного инструмента возможна обработка точного отверстия и резьбы с высокой соосностью.

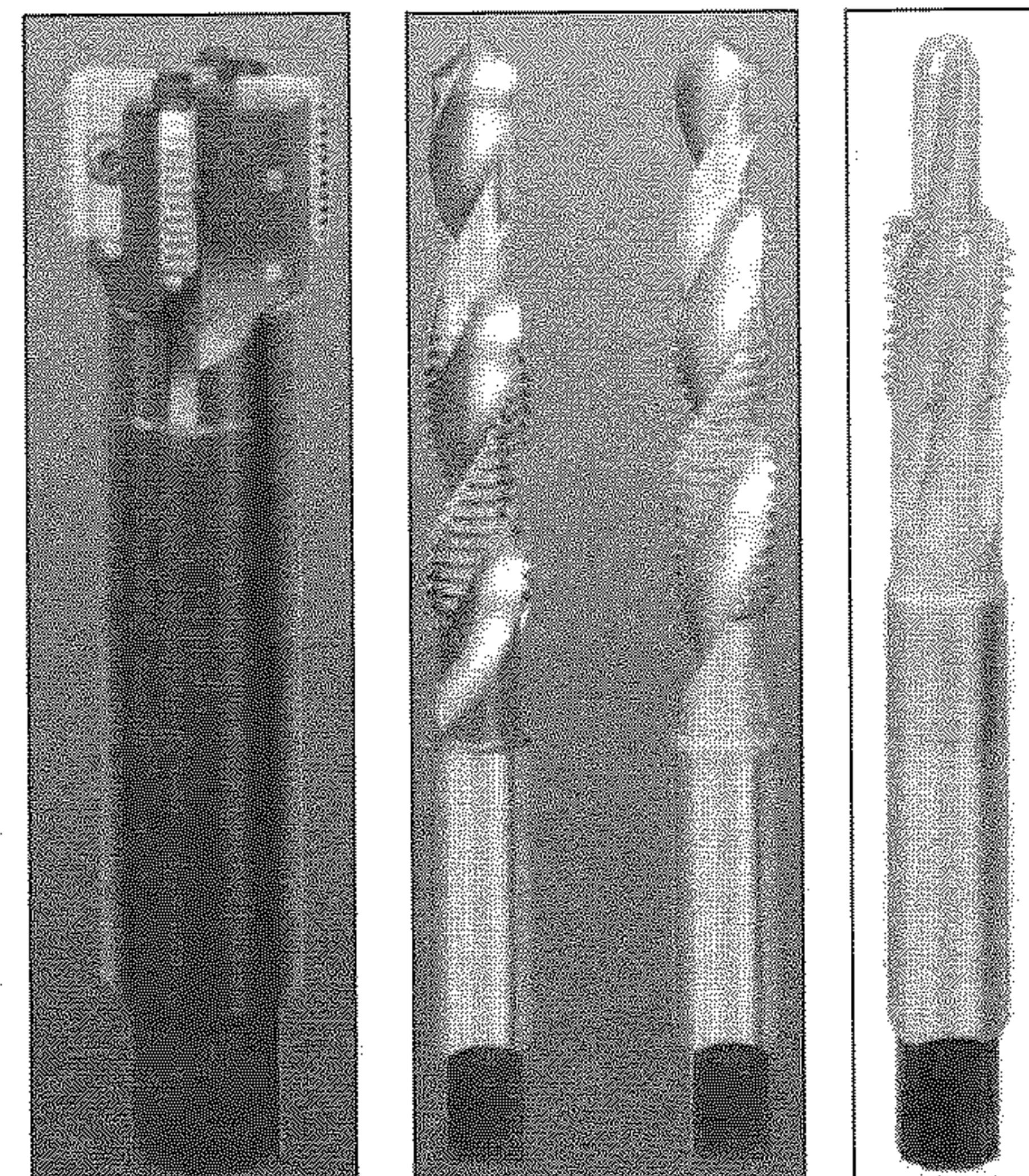


Рис. 32

Рис. 33

Рис. 34

## Обработка отверстий под резьбы

Для нарезания резьбы метчиком необходимо предварительно просверлить отверстие диаметром немногим большим внутреннего диаметра резьбы. При правильно подобранном диаметре исключается заклинивание метчика стружкой и заусенцами. Таблицы диаметров отверстий под нарезание резьбы метчиком для наиболее распространенных резьб приведены в приложении 2.

Наиболее экономичным является обработка отверстий под резьбы ступенчатым

инструментом, которым одновременно обрабатывается отверстие нужного диаметра и формируется заходная фаска на отверстии. Такие ступенчатые сверла могут быть изготовлены из различного инструментального материала. Наиболее часто применяются быстрорежущие сверла, хотя в последнее время все чаще для подобных операций используются цельные твердосплавные сверла, позволяющие во много раз повысить производительность и экономичность обработки. Рассмотрим особенности этих сверл более подробно на примере продукции фирмы KENNAMETAL HERTEL.

Рис. 35

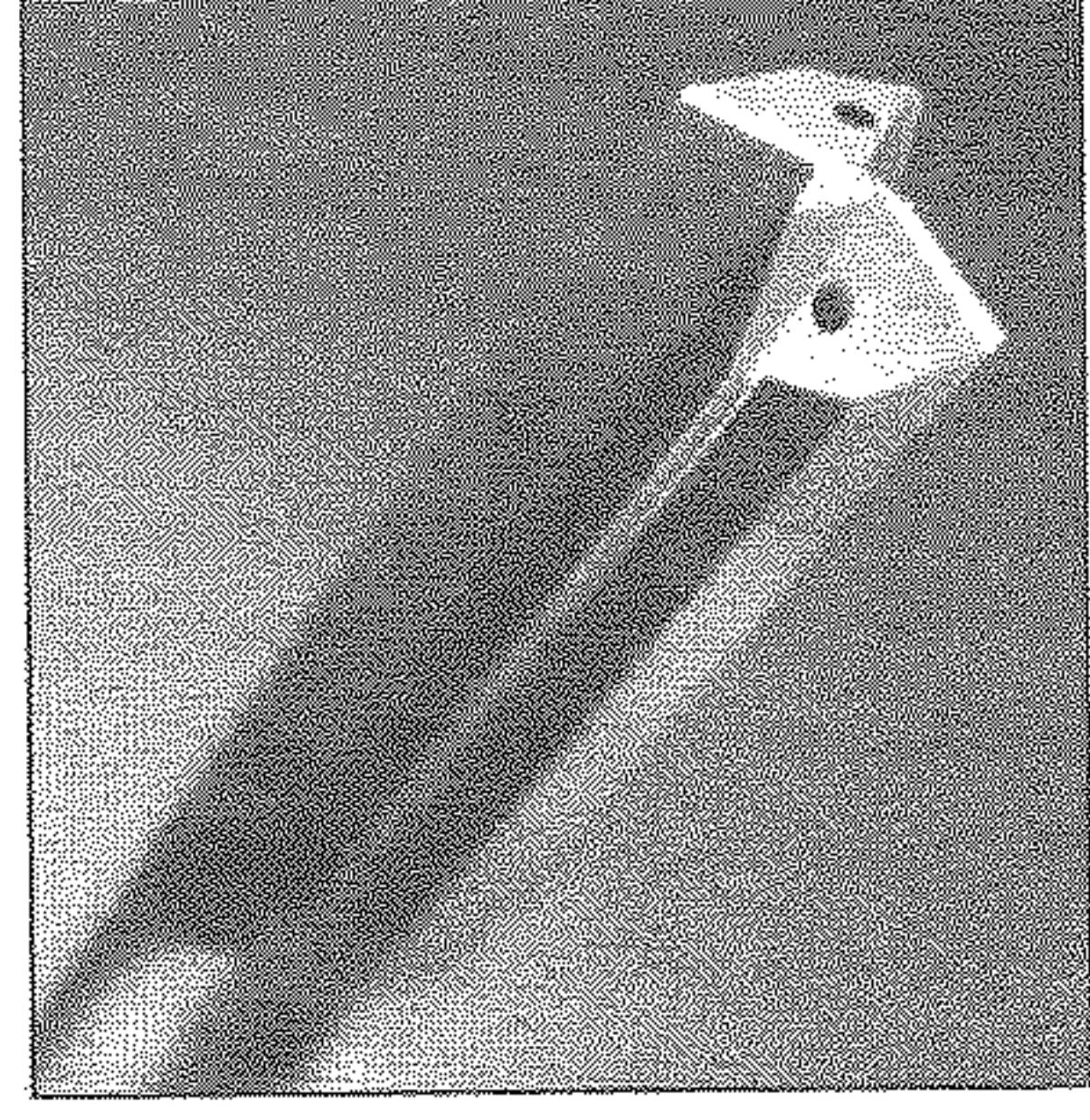
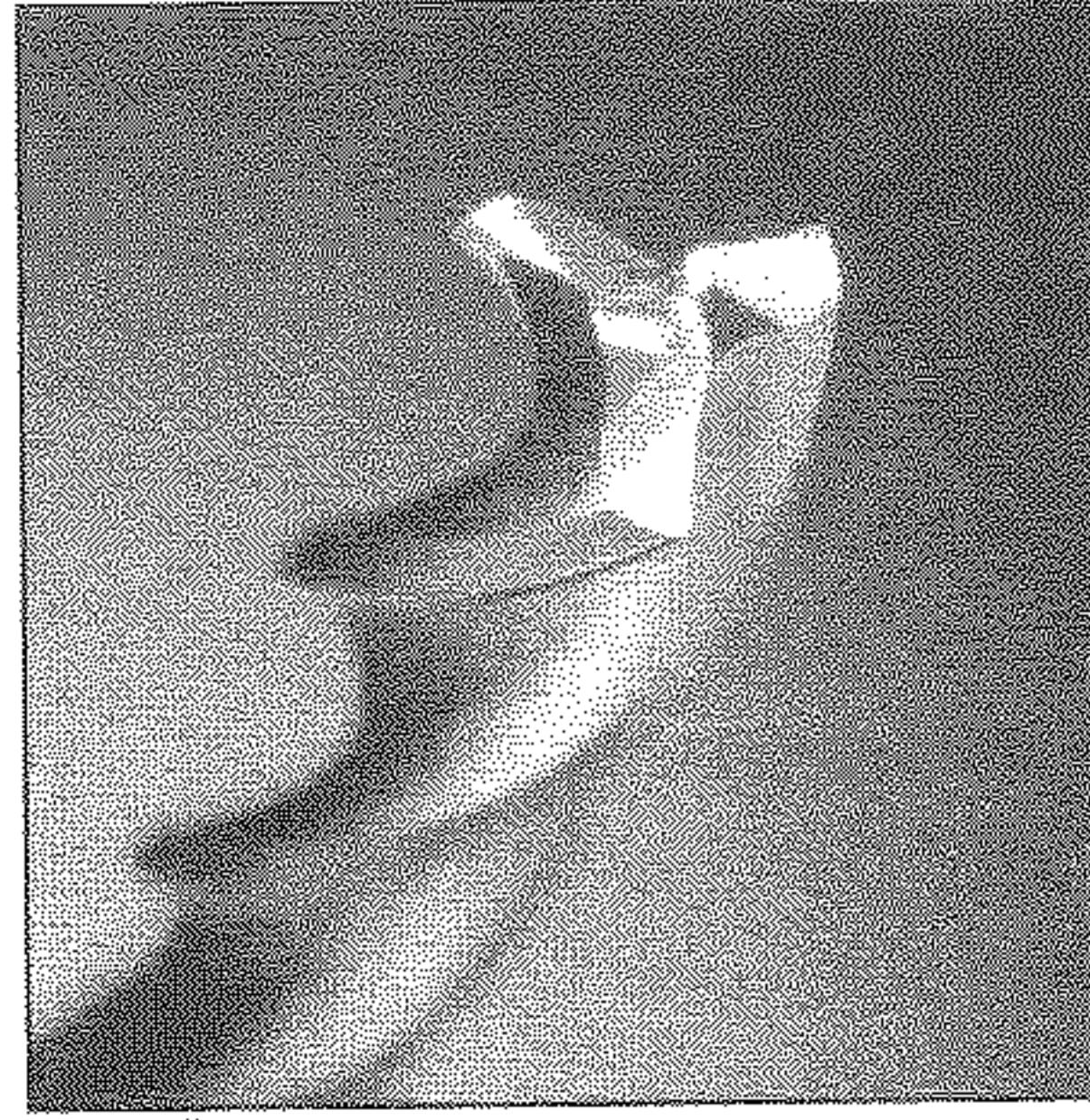
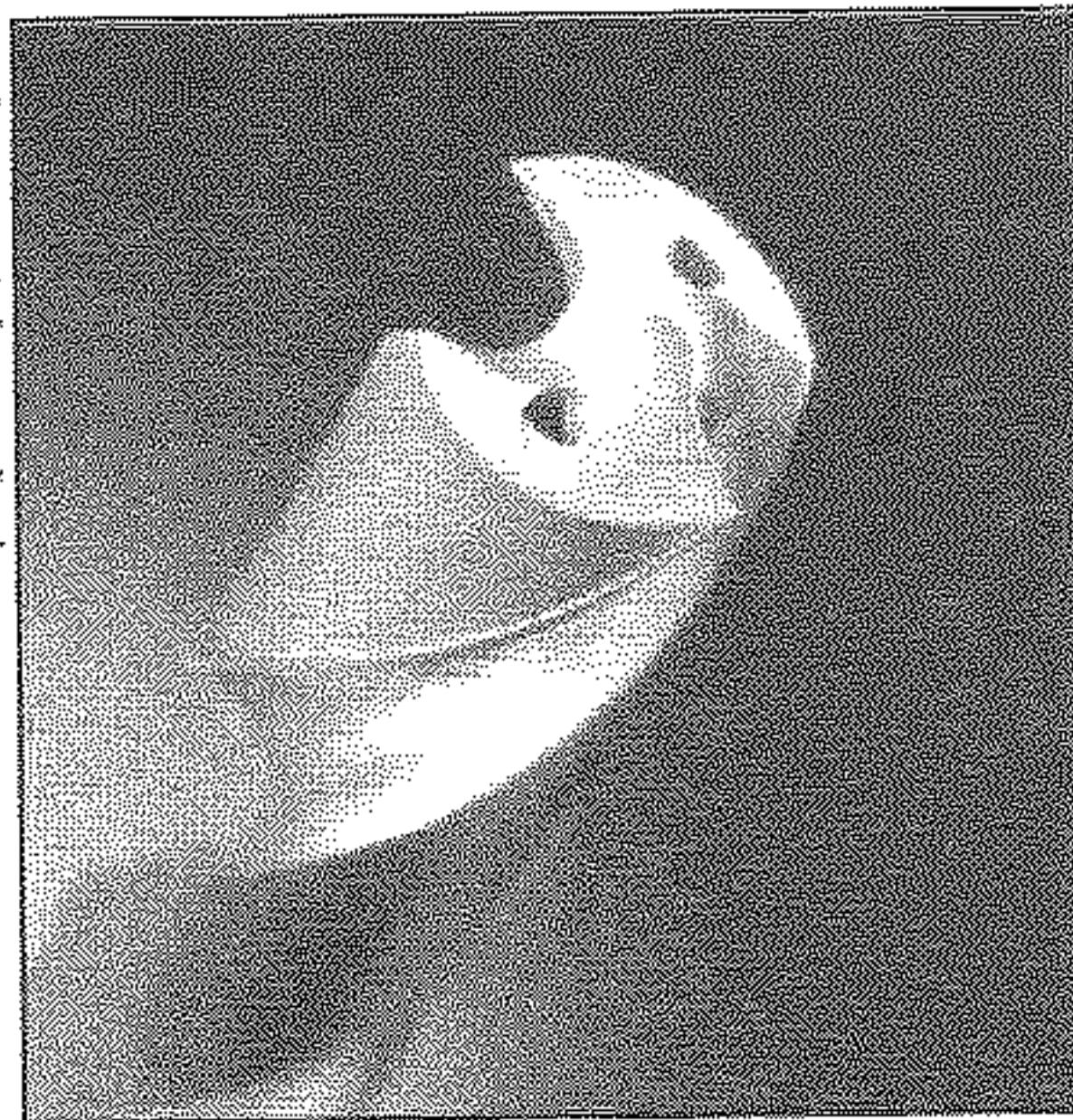
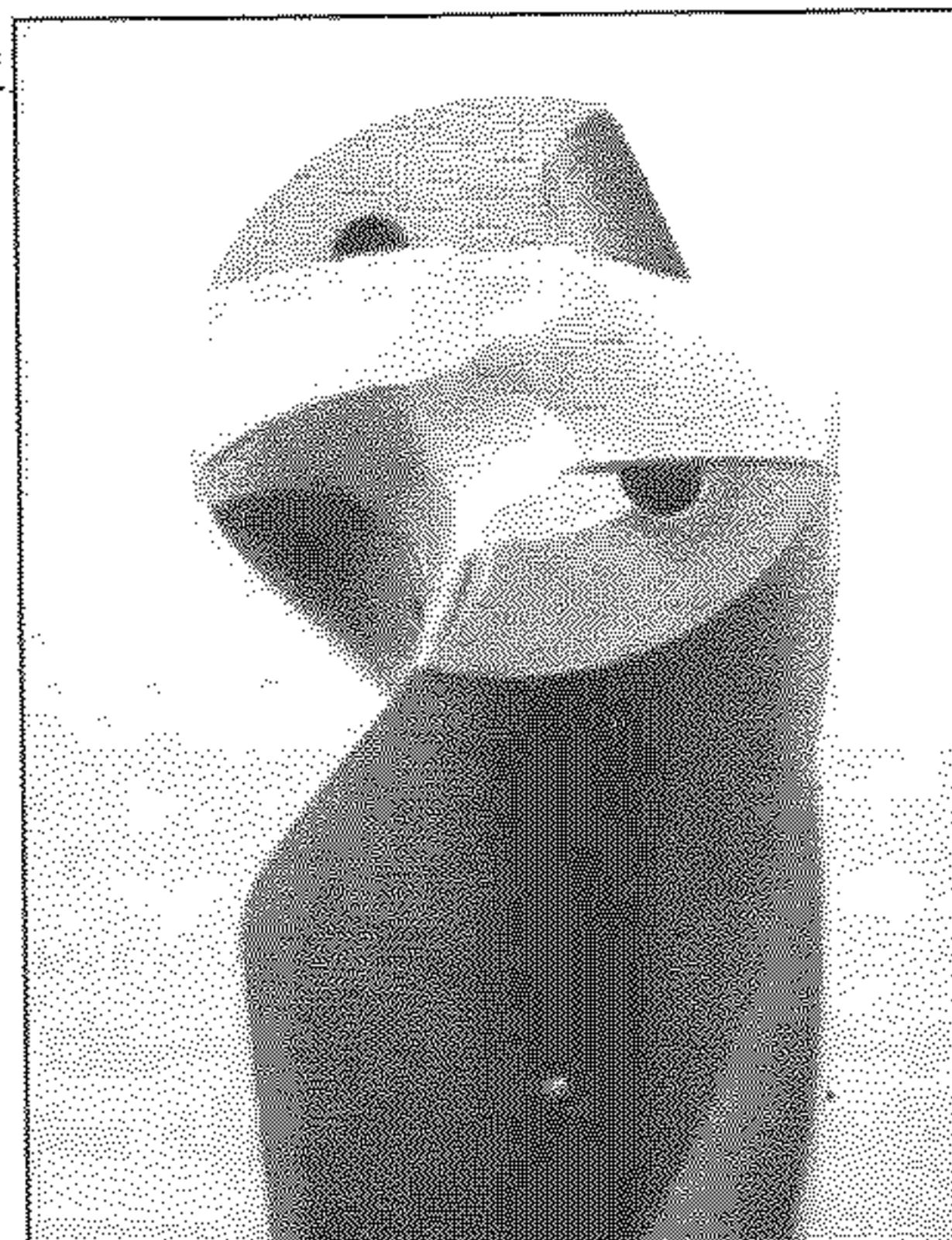


Рис. 36

Рис. 37



В программе фирмы присутствуют сверла трех основных типов: SE-Drill (рис. 35) для обработки стали и чугуна, TF-Drill (рис. 36) и TX-Drill (рис. 37) для обработки чугуна, алюминия и легких сплавов. Все эти сверла имеют особую геометрию передней поверхности, которая, в сочетании с правильно подобранными марками твердого сплава, обеспечивает сверлам превосходные центрирующие свойства (для сверления отверстий не требуется предварительного центрования), высокую скорость обработки (скорости резания до 100 м/мин при обработке сталей, до 150 м/мин при обработке чугуна и до 600 м/мин при обработке алюминия), отличные точностные характеристики (сверла изготовлены с точностью h7 и обеспечивают получение отверстия точностью H9) и хорошие показатели по шероховатости отверстия (сверла TX-Drill обеспечивают шероховатость отверстия после сверления на уровне Ra 1,0).

Эти сверла используются для сверления отверстий под резьбу, т.е. для сверления с одновременным снятием фаски, как в виде ступенчатых сверл, так и в составе комбинированных инструментов, состоящих из корпуса или патрона, цельного твердосплавного сверла и сменной твердосплавной пластины для снятия фаски. Для сверления отверстий под резьбы больших диаметров (более 20 мм) с использованием всех технологических преимуществ цельных сверл применяются сверла KSEM (рис. 38). Цельные ступенчатые сверла (рис. 39) могут иметь

Рис. 38

Рис. 39

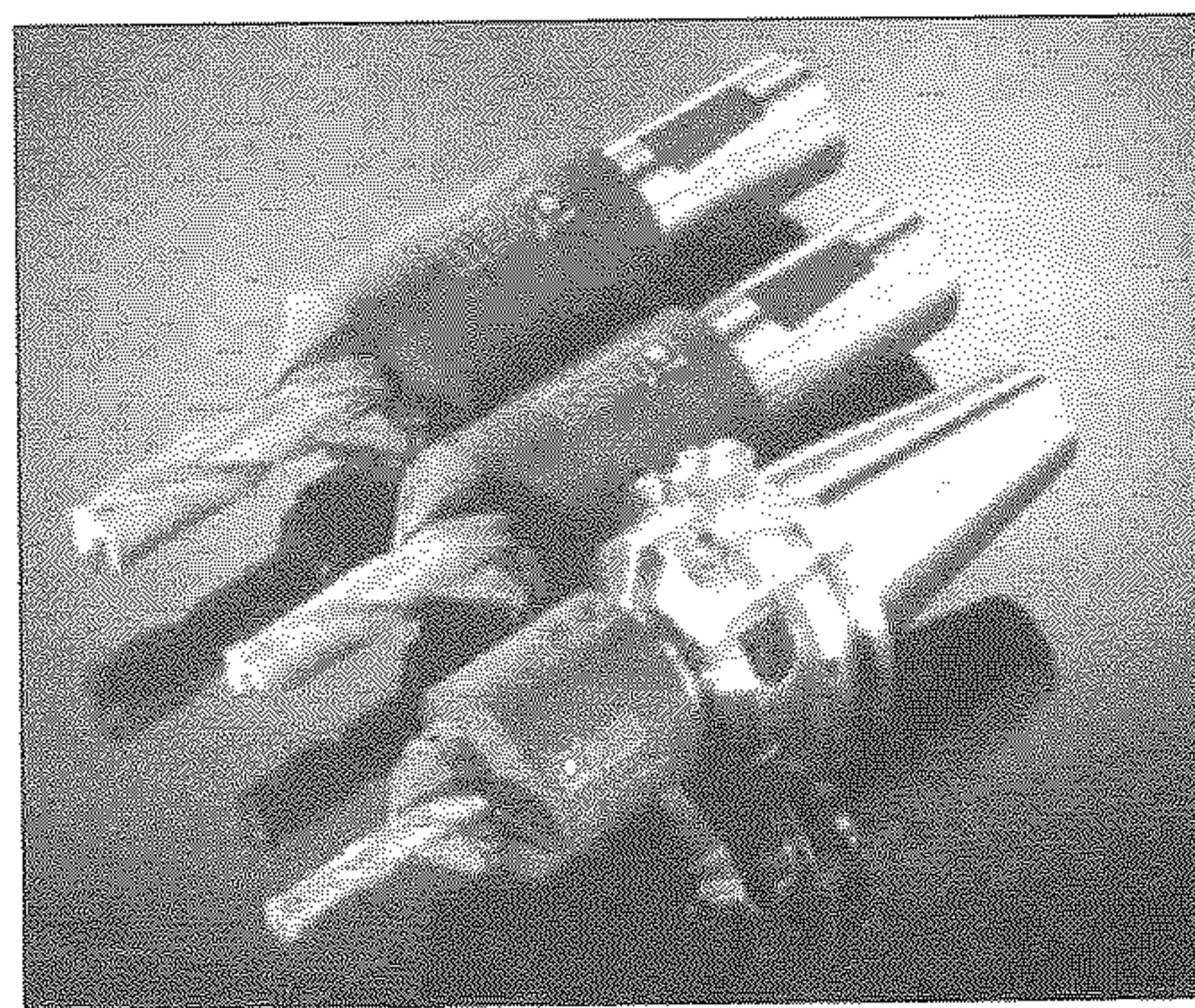
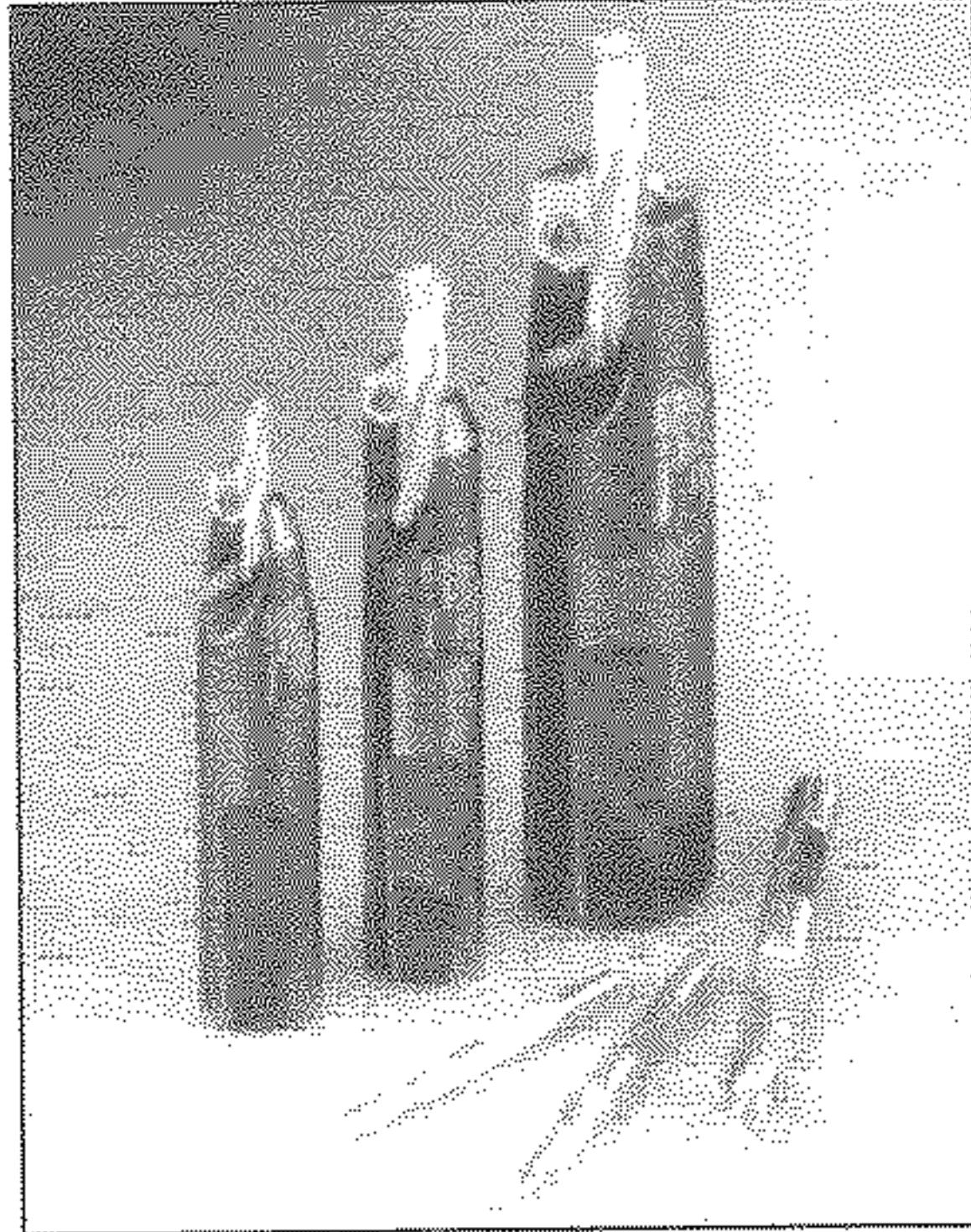
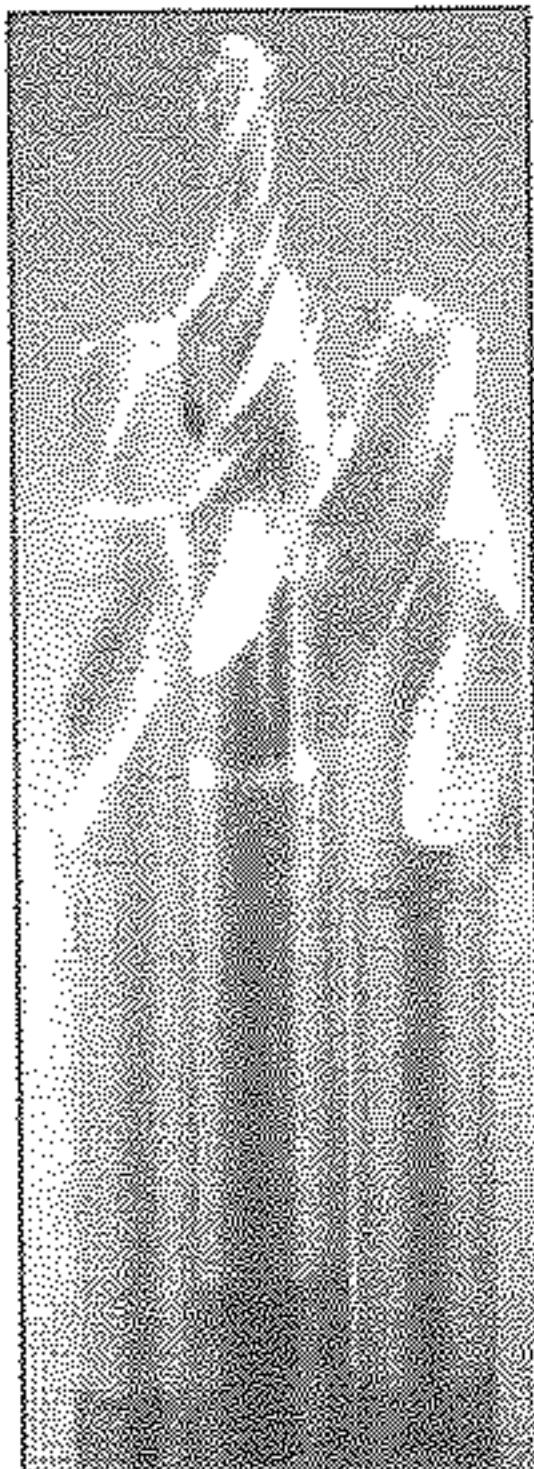


Рис. 40

Рис. 41

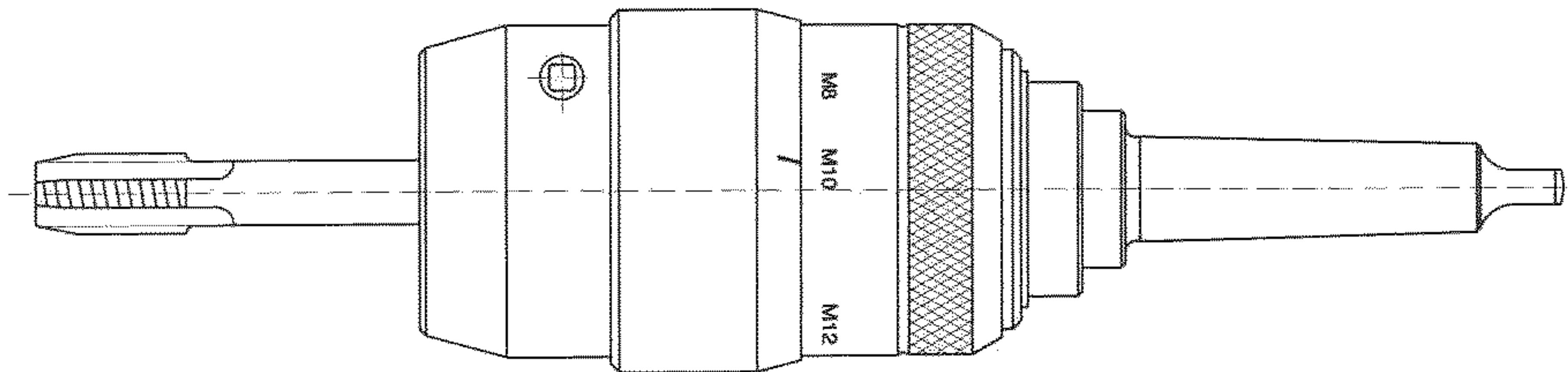
как простую форму, т.е. только одну ступень для снятия фаски, так и более сложную форму, для обработки ступенчатых отверстий с несколькими фасками и переходами. Сверла допускают значительное количество переточек и являются одним из наиболее прогрессивных инструментов для обработки отверстий вообще и отверстий под резьбы в частности.

Комбинированные инструменты в программе фирмы KENNAMETAL HERTEL представлены двумя конструкциями: системой BF и системой SEFAS. В системе BF (рис. 40) используются цельные твердосплавные сверла SE-Drill с небольшой доработкой (на сверлах сняты лыски в местах установки пластин). Сверла и пластины устанавливаются в корпусе. Особенностью системы BF является возможность использования фасочных пластин с любой формой профиля, т.е. помимо обычной фаски можно обрабатывать также сложные переходы с радиусами и цековками. В системе SEFAS (рис. 41) используются стандартные сверла SE-Drill или TX-Drill, которые устанавливаются либо в корпус SEFAS, либо в стандартный гидрошпестовый патрон. Фасочная пластина устанавливается либо в том же корпусе, либо, в варианте с патроном, в специальное фасочное кольцо, которое затем закрепляется на патроне. В обеих системах можно регулировать глубину сверления относительно фаски.

### ***Вспомогательный инструмент при нарезании резьбы метчиком***

При нарезании резьбы метчиком требуется точное соответствие подачи и шага резьбы. В большинстве случаев из-за погрешностей привода все-таки существует рассогласование между подачей станка и шагом резьбы. В таких случаях существует опасность повреждения резьбы или поломки метчика. Поэтому все патроны для метчиков рассчитаны как правило на компенсацию возникающего рассогласования между подачей станка и шагом резьбы. Кроме того, во многих случаях возможно возникновение несоосности между просверленным отверстием под резьбу и метчиком. Это приводит к перекосам резьбы и к опасности поломки метчика. Системы компенсации несоосности также включены в конструкцию многих

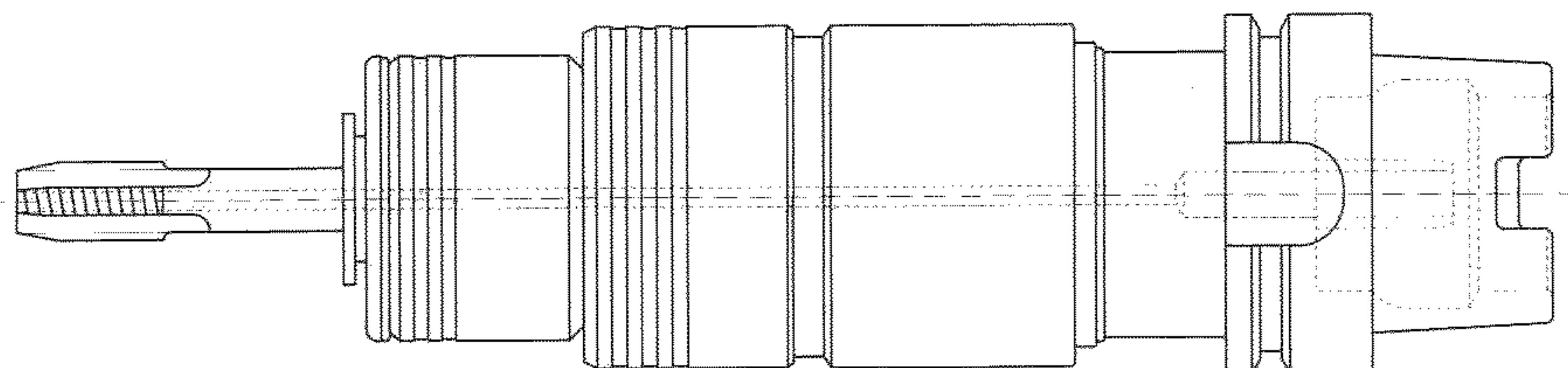
Рис. 42



типов резьбонарезных патронов. рассмотрим конструкции резьбонарезных патронов на примере производственной программы фирмы Otto Bilz.

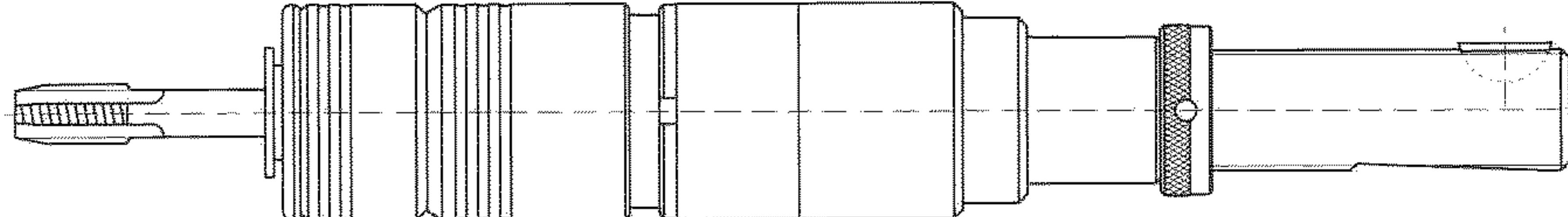
Резьбонарезной патрон DSPL (рис. 42) с двойным зажимом, предохранительной муфтой, плавающим устройством, с компенсацией по длине предназначен для нарезания резьбы на сверлильных станках с реверсом шпинделя, радиально-сверлильных станках, станках с ЧПУ, токарных станках и специальных станках. Патрон устанавливается в шпинделе станка и, благодаря прямому двойному закреплению метчиков, позволяет нарезать различные по диаметрам резьбы без смены самого патрона. Метчики жестко и надежно зажимаются в патронае одновременно за крутую и за квадратную части хвостовика, при этом метчики разного размера (например, для одного из типоразмеров патрона от M3 до M12) закрепляются в патронае просто поворотом ключа без какой-либо переналадки. Патрон имеет встроенную предохранительную муфту, снижающую вероятность поломки метчика. Крутящий момент, при котором срабатывает муфта, определяется размером метчика. Для настройка момента необходимо путем поворота установить кольцо с риской против выбранного диаметра метчика. Благодаря минимальному остаточному моменту после расцепления, муфта практически не подвержена износу. Система крепления гарантирует отсутствие вытягивания при обратном ходе метчика. Для компенсации возможной несоосности между шпинделем станка и осью обрабатываемого отверстия патрон имеет устройство смещения в горизонтальной плоскости параллельно оси патрона («плавание») на базе шариковой опоры. Компенсация длины на сжатие и растяжение облегчает нарезание резьбы при несовпадении подачи с шагом резьбы, например, при ручной подаче. Патрон всегда сам устанавливается в исходное положение и может с одинаковой легкостью применяться на станках с механической или ручной подачей. Патрон применим как при вертикальном, так и при горизонтальном расположении шпинделя.

Рис. 43



Быстросменный резьбонарезной патрон с компенсацией по длине WFLC (рис. 43) предназначен для нарезания резьбы на станках с ЧПУ, обрабатывающих центрах, токарных станках и специальных станках. Метчик зажимается во вставках WE или WES (см. далее), которые потом автоматически закрепляются при установке в патрон. Сам патрон устанавливается в шпинделе станка. Специально для этого типа патронов была разработана новая конструкция механизма компенсации по длине на растяжение и сжатие. Для увеличения плавности компенсации в этом механизме применены шариковые направляющие качения. Однако, в отличие от предыдущих конструкций, в патронах WFLC шарики расположены ассиметрично. За счет достигаемого при этом оптимального распределения нагрузок точность компенсации значительно выше. Для нормального захода метчика требуется, чтобы в момент врезания компенсация на сжатие не срабатывала. Для этого патрон имеет систему усиления компенсации при врезании. Эта система совместно с легкостью хода самой компенсации обеспечивает надежность процесса обработки и качество резьбы даже при самых неблагоприятных условиях. Патрон WFLC...K имеет внутренний подвод СОЖ при давлении до 50 бар. Подвод СОЖ выполнен гидростатически нейтральным, поэтому компенсация длины работает normally и при внутреннем повороте СОЖ. Благодаря модульному построению в комбинации с базовыми оправками WA возможно адаптирование патрона к практически любому посадочному месту в шпинделе, выпускаются стандартные патроны для стандартных присоединений. Патроны WFLC не нуждаются в обслуживании и имеют высокую надежность.

Рис. 44



Быстросменный резьбонарезной патрон WFLP (рис. 44) с компенсацией по длине и осесимметричным плавающим устройством предназначен для нарезания резьбы на автоматических линиях, специальных станках, многошпиндельных сверлильных автоматах, многошпиндельных головках. Метчик зажимается во вставках WE или WES (см. далее), которые потом автоматически закрепляются при установке в патрон. Сам патрон устанавливается в шпинделе станка. Патроны WFLP были разработаны специально для применения при многошпиндельном нарезании резьбы. Для выравнивания разницы между подачей и шагом резьбы патрон оснащен механизмом компенсации по длине на растяжение и сжатие. Этот же механизм компенсации позволяет также избежать поломки метчика при несоответствии размеров или отсутствии отверстия под резьбу, так как в этом случае весь ход подачи воспринимается механизмом компенсации. Кроме того, благодаря наличию механизма компенсации, возможно многошпиндельное нарезание резьб с различными шагами без однозначного соответствия скоростей вращения и подач. При этом общий ход механизма компенсации может

быть по-разному распределен между сжатием и растяжением, поэтому для каждого конкретного случая можно подобрать необходимые значения компенсации на сжатие и на растяжение. если ось отверстия может быть смешена относительно оси инструмента более чем на 0,2 мм, применяются патроны с осепараллельным качанием ("плаванием") с автоматическим возвращением в исходное центральное положение. Для нарезания резьбы с одновременным контролем за процессом обработки применяются патроны с передатчиками HF (см. далее). По запросу поставляются патроны WFLP с внутренним подводом СОЖ. Патроны могут применяться как при вертикальном, так и при горизонтальном положении шпинделя независимо от направления вращения (левое или правое).

**Быстросменные вставки под метчик WES и WE** (рис. 45) с предохранительной муфтой и без нее предназначены для зажима метчиков с последующей установкой в резьбоизрезные патроны типа WFLK, WFLC и WFLP для нарезания резьбы на одношпиндельных и многошпиндельных станках, автоматических линиях, специальных станках, многошпиндельных головках. Перекрывают диапазон резьб от M1 до M60. Одним из основных свойств вставок является быстросменность метчика в самой вставке. Метчик зажимается за цилиндрическую часть посредством шариков, установленных в подпружиненной втулке. При нажатии на втулку метчик освобождается. Имеющаяся во вставке квадратное отверстие удерживает метчик за его квадратный хвостовик от проворота, передавая крутящий момент. Такая конструкция требует своей вставки для каждого типоразмера метчика. Вставки принципиально делятся на две большие группы - с встроенной предохранительной муфтой (WES) и без нее (WE).

Настраиваемая по усилию предохранительная муфта защищает метчик от поломки. В тех случаях, когда усилие на метчике превышает установленное (например, при износе метчика или при утыкании метчика в дно отверстия) муфта срабатывает и центральная часть с метчиком начинает проворачиваться относительно корпуса вставки. Благодаря свой конструкции вставки с предохранительной муфтой практически не подвержены износу. Для настройки вставок по крутящему моменту применяется несложное приспособление с динамометрическим ключом. Для применения с патронами с внутренним подводом СОЖ разработаны специальные вставки IKР (для метчиков с отверстием) с подачей СОЖ через метчик и вставки КР (для метчиков без отверстия) с подачей СОЖ через вставку. Аналогичные конструкции существуют для вставок без предохранительной муфты. Вставки выпускаются в обычном исполнении, регулируемом исполнении (позволяющем настройку вылета вне станка); регулируемом удлиненном исполнении; с увеличенным диапазоном зажима - метчик закрепляется винтами, эти вставки применимы только для легкой обработки; с увеличенным диапазоном зажима и регулировкой вылета. Выпускается также несколько типов специальных вставок - для зажима плашек; с резинометаллическими цангами и вставки-переходники с одного типоразмера на другой.

Рис. 45

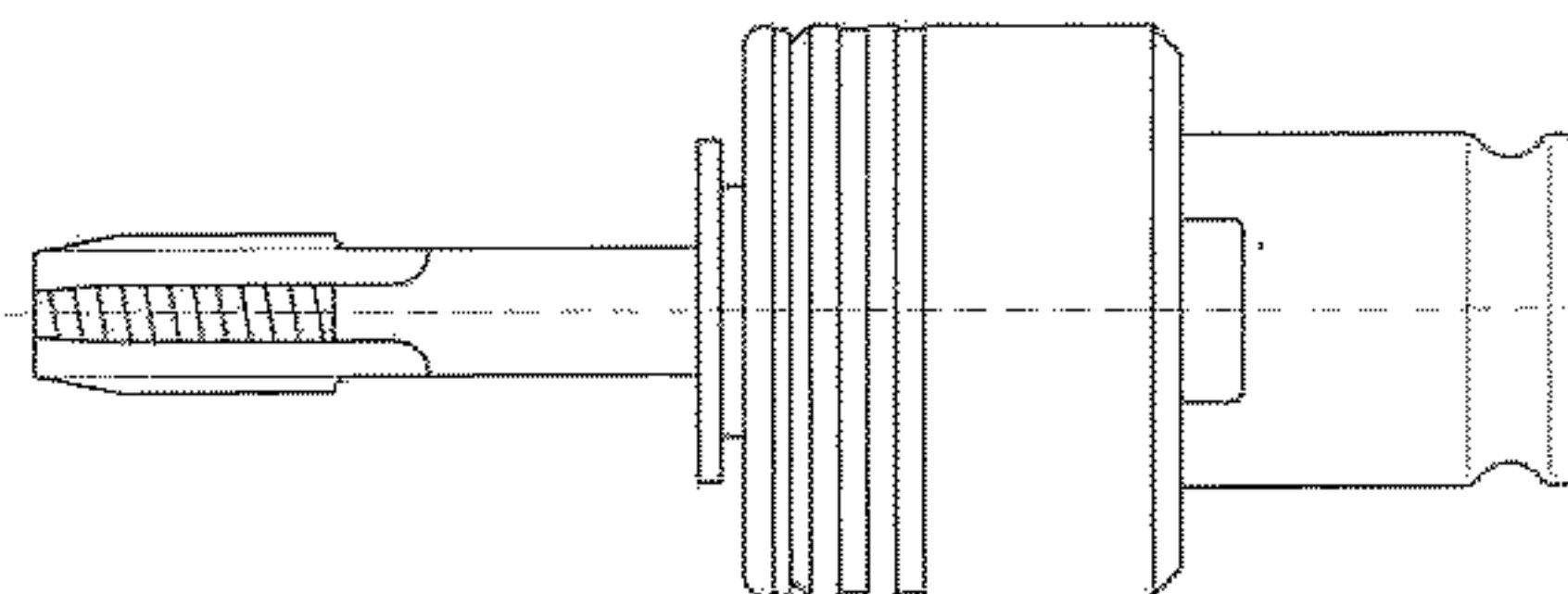
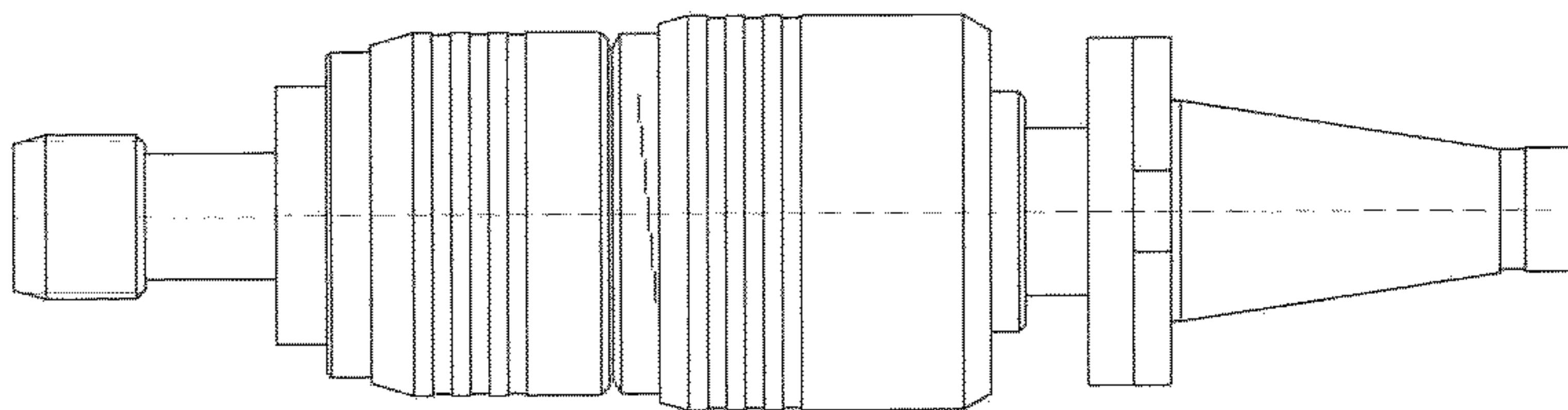


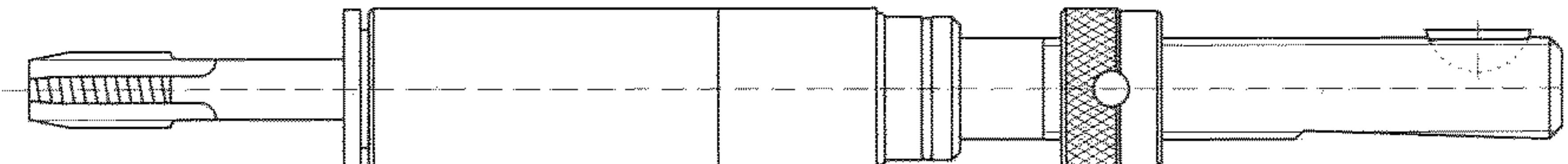
Рис. 46



Быстросменный резьбонарезной патрон WFSL (рис. 46) с предохранительной муфтой и компенсацией по длине предназначен для нарезания больших резьб (от М30 до М200) на сверлильных станках с реверсом шпинделя, радиально-сверлильных станках, станках с ЧПУ, фрезерных станках и специальных станках в моторо-, турбино- и реакторостроении. Патрон устанавливается в шпинделе станка и, благодаря быстросменным вставкам для метчиков, позволяет нарезать различные по диаметрам резьбы без смены самого патрона. Патрон имеет модульную конструкцию - хвостовики крепятся к патрону винтами, что позволяет применять патрон на станках с различными типами посадочных мест шпинделя. Патроны выпускаются в трех типоразмерах, перекрывающих резьбы от М30 до М200. Вставки под метчики при установке в патрон закрепляются автоматически, обеспечивая быстросменность. Патрон имеет встроенную предохранительную муфту, снижающую вероятность поломки метчика. Крутящий момент, при котором срабатывает муфта, определяется размером метчика. Для настройки момента необходимо, путем поворота, установить наружное кольцо на уровне отметки выбранного диаметра метчика. Благодаря минимальному остаточному моменту после расцепления, муфта практически не подвержена износу. Компенсация длины на сжатие и растяжение облегчает нарезание резьбы при несовпадении подачи с шагом резьбы. Сочетание компенсации длины и предохранительной муфты позволяет гарантировать качество резьбы даже при самых неблагоприятных условиях обработки. С применением этого патрона возможна обработка не только одинарным метчиком, но и комплектом метчиков. Поскольку при обработке комплектом невозможно обеспечить автоматическое попадание второго и последующих метчиков в резьбу, применяется следующий способ: вставка с установленным в ней метчиком вручную вворачивается в предварительно пройденную первым метчиком резьбу до "закусывания". Вращающийся патрон на рабочей подаче подходит к вставке, вставка автоматически зажимается в патроне и происходит дальнейшее нарезание резьбы. Поставляются также патроны и вставки с внутренним подводом СОЖ.

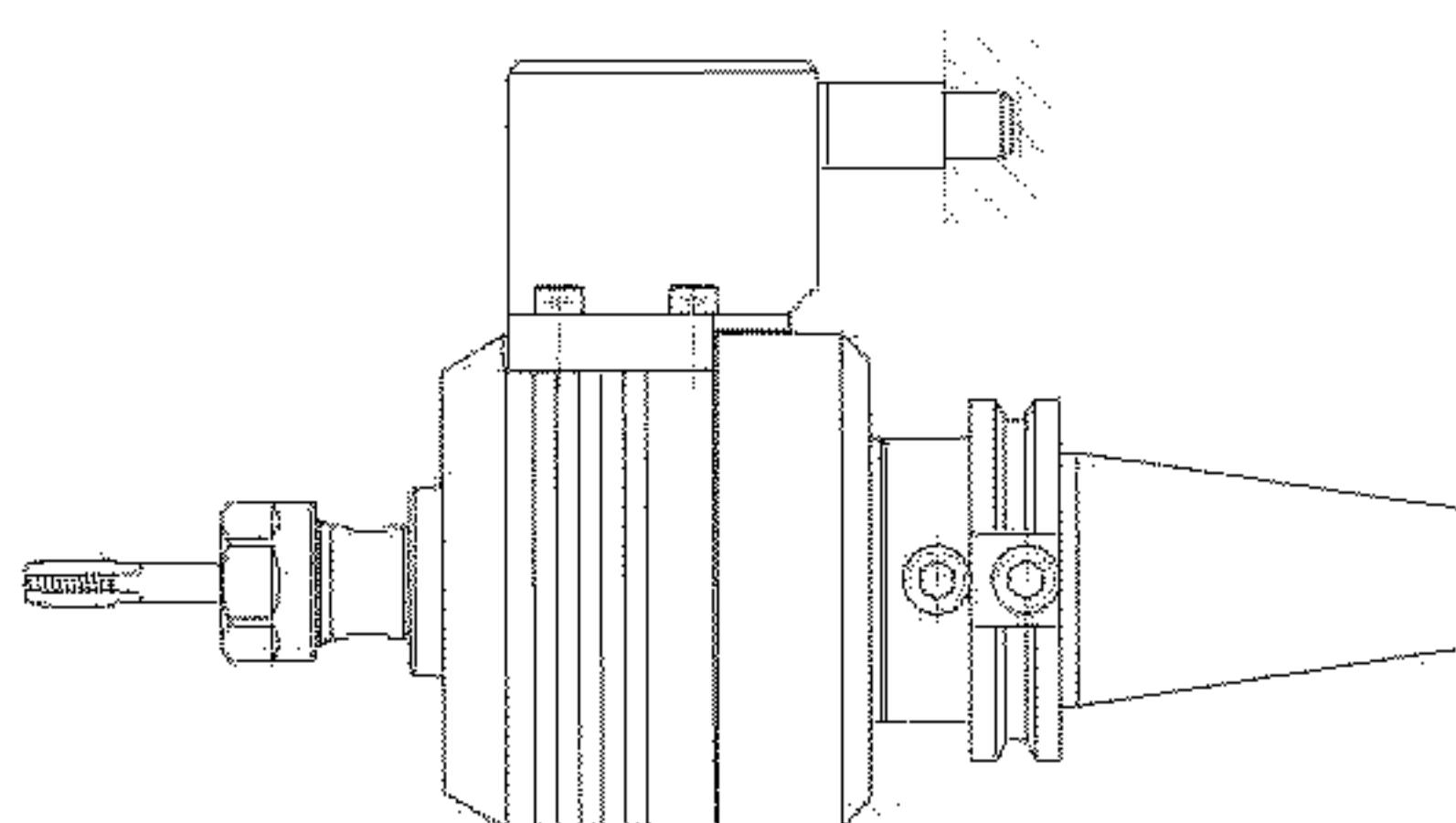
Сменный резьбонарезной патрон WSL (рис. 47) с предохранительной муфтой и компенсацией по длине предназначен для многошиндельного нарезания резьбы на автоматических линиях, специальных станках, многошпиндельных сверлильных автоматах, многошпиндельных головках при очень малом межосевом расстоянии. Метчик зажимается непосредственно в патроне, сам патрон устанавливается в шпинделе станка. Патроны WSL были разработаны специально для применения при многошиндельном нарезании резьбы в тех случаях, когда требуется минимальное расстояние между метчиками. В зависимости от исполнения

Рис. 47



возможно нарезание резьбы при межосевом расстоянии обрабатываемых отверстий от 14 мм. Особо малые размеры патронов получены за счет непосредственного зажима метчика в патроне. Другим преимуществом такой конструкции является быстросменность метчика. Метчик зажимается за цилиндрическую часть посредством шариков, установленных в подпружиненной втулке. В то же время такая конструкция обуславливает наличие своего патрона для каждого типоразмера метчика. Настраиваемая по усилию предохранительная муфта защищает метчик от поломки при его износе или обработке глухих отверстий до упора. В тех случаях, когда усилие на метчике превышает установленное (например, при износе метчика или при утыкании метчика в дно отверстия) срабатывает муфта и центральная часть патрона начинает проворачиваться относительно корпуса. Для сглаживания разницы между подачей и шагом резьбы патрон оснащен механизмом компенсации длины на растяжение и сжатие, действие которого аналогично патрону WFLP. Для нормального захода метчика требуется, чтобы в момент врезания компенсация на сжатие не срабатывала. Для этого патрон имеет систему усиления компенсации при врезании.

Рис. 48

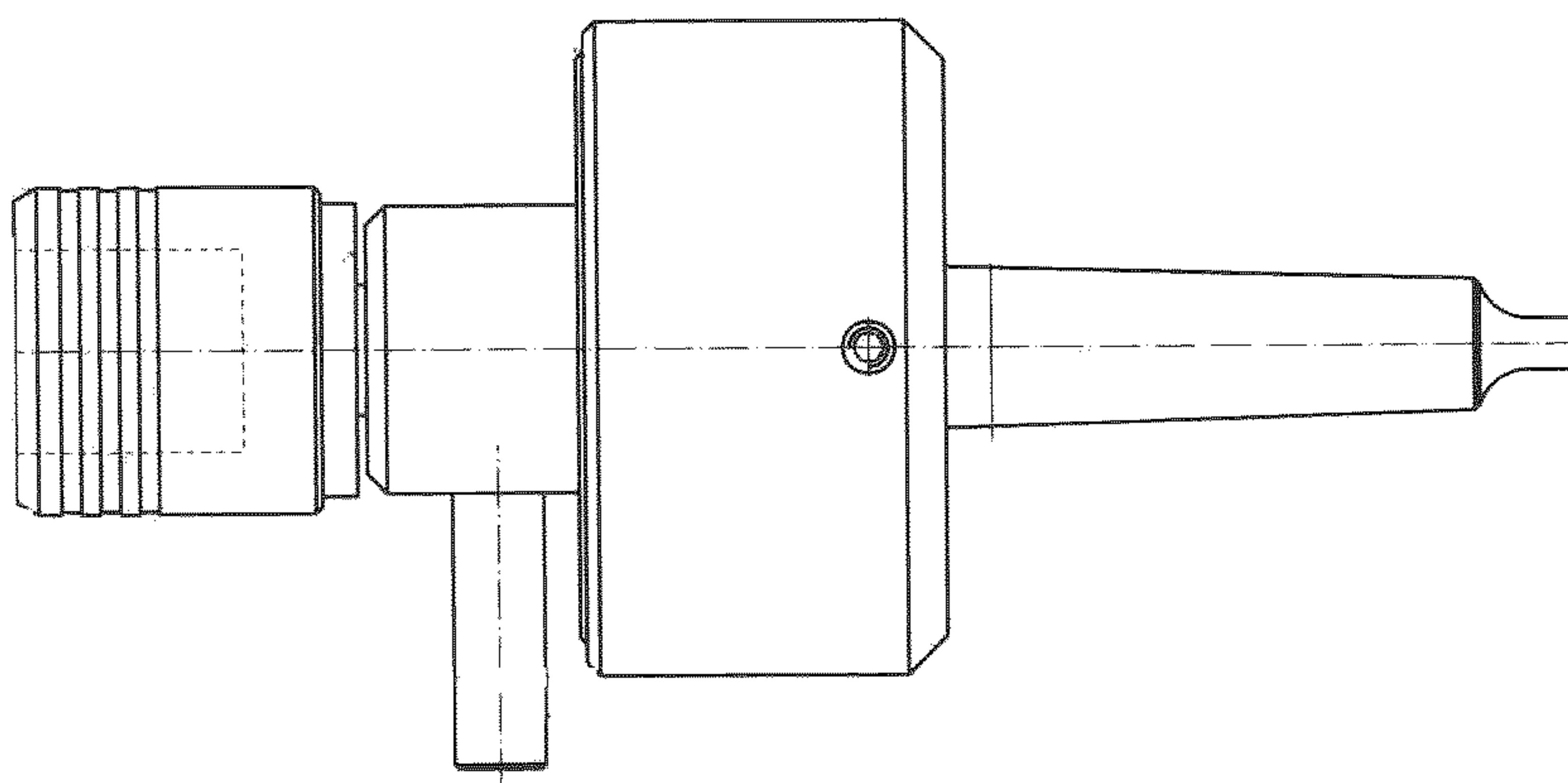


Высокопроизводительный резьбонарезной аппарат GNCN (рис. 48) с встроенным механизмом реверса предназначен для нарезания резьбы без реверса шпинделя на обрабатывающих центрах, гибких производственных системах, специальных станках и на других типах станков с приводным шпинделем. Аппарат сконструирован по модульному принципу и может быть легко адаптирован к любому типу шпинделя станка. Благодаря встроенному механизму реверса не требуется изменять направление вращения шпинделя при обратном ходе метчика. Такая конструкция обеспечивает высокую производительность, незначительный износ метчика за счет соблюдения постоянной скорости резания, более высокую точность глубины нарезания резьбы ( $\pm 0,15$  мм), меньший расход энергии при резании. Когда аппарат находится в инструментальном магазине шпиндель аппарата зафиксирован. При установке в шпиндель станка рычаг входит во втулку на корпусе станка, фиксируя аппарат от проворота, одновременно расфиксируется шпиндель самого аппарата. Для работы патрона программируется рабочий цикл, аналогичный циклу развертывания, т.е. с одинаковой подачей на прямом и обратном ходу. Программируемая глубина резьбонарезания должна быть на 2,5 мм меньше, чем глубина резьбы. Аппарат работает следующим

образом: при нарезании резьбы, не доходя 2,5 мм до заданной глубины резьбы осуществляется изменение направления подачи (с прямого на обратный). При этом метчик продолжает вращаться, нарезая резьбу, и начинает работать компенсация патрона на вытягивание. После того, как компенсация составит 2,5 мм, срабатывает механизм реверса и метчик начинает выходить из резьбы. После окончательного выхода метчика механизм компенсации приходит в исходное положение, переключая тем самым вращение метчика на прямое. Конструкция механизма компенсации на растяжение гарантирует точность глубины резьбы  $\pm 0,15$  мм при скорости вращения до 2500 об/мин. В исполнении ГНСК аппарат имеет внутренний подвод СОЖ под давлением до 50 бар. Метчики зажимаются в аппарате с помощью цанги. При больших крутящих моментах, например, при накатывании резьбы, возможна дополнительная установка переходника под квадратный хвостовик. Одним из дополнительных преимуществ аппарата является отсутствие необходимости в его обслуживании.

Резьбонарезной аппарат Та (рис. 49) предназначен для машинного нарезания резьбы без реверса шпинделя на сверлильных станках с ручной подачей. При ус-

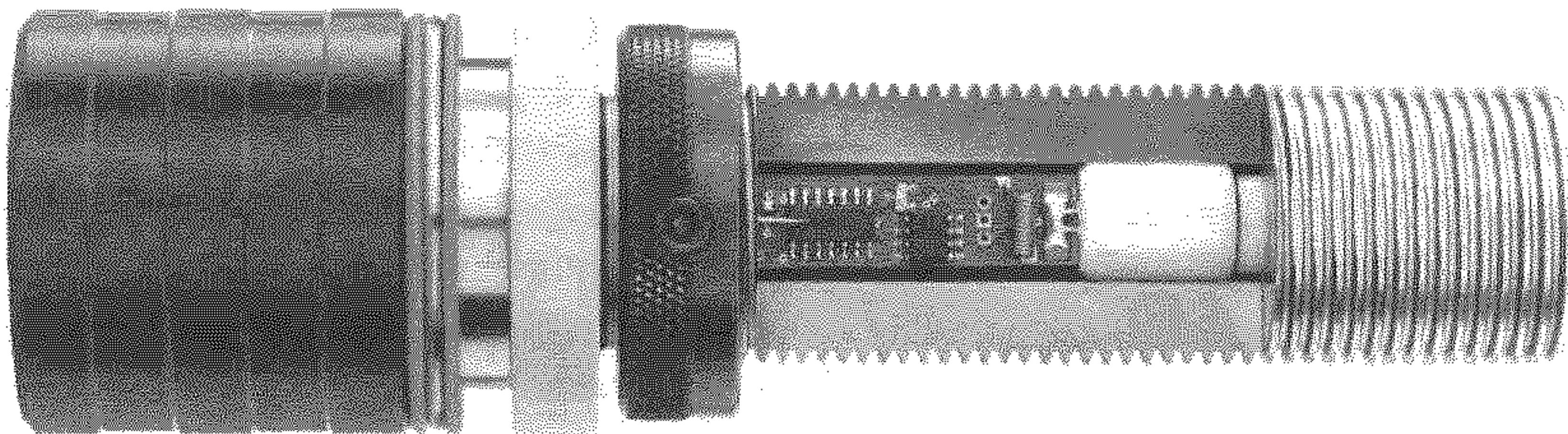
Рис. 49



становке на станок рычаг аппарата должен предохранять корпус аппарата от вращения, т.е. должен упираться в соответствующий рычаг на станке. Это все, что необходимо для нормального функционирования аппарата. Принцип действия аппарата Та аналогичен ГНСН, за исключением точки переключения (для аппарата Та изменение направления подачи (с прямого на обратный) осуществляется на заданной глубине резьбы). Плавность хода обеспечивается встроенной шариковой втулкой. Метчики зажимаются в аппарате с помощью стандартных вставок WES.. и WE... Для каждого типоразмера метчика требуется своя вставка. Вставки WES имеют встроенную предохранительную муфту, защищающую метчик от поломки.

Система контроля за состоянием инструмента HF (рис. 50) предназначена для контроля за состоянием инструмента в процессе нарезания резьбы на автоматических линиях, обрабатывающих центрах и гибких производствах. Система позволяет сократить затраты на производство путем сокращения вероятности поломки инструмента и появления бракованных деталей. Возможные сбои при нарезании резьбы, проявляющиеся в несоответствии параметров резьбы заданным или в ее отсутствии,

Рис. 50



выявляются, как правило, только на сборочных операциях и приводят к дорогостоящим доработкам или к браку. Применение патронов HF существенно снижает вероятность возникновения подобных ситуаций, так как процесс нарезания резьбы контролируется и возможные отклонения выявляются сразу же. При использовании резьбонарезных патронов фирмы Бильц процесс контролируется по крутящему моменту. При нормальной работе предохранительная муфта замкнута и компенсация по длине не работает. При превышении момента срабатывает предохранительная муфта в патроне или во вставке, вращение метчика останавливается и, поскольку подача не прекращается, начинает работать компенсация по длине на сжатие. Практически сразу срабатывает встроенный в механизм компенсации датчик, являющийся одновременно и микрорадиопередатчиком. Посылаемый им сигнал воспринимается приемным блоком, который выдает сигнал на остановку станка или просто индицирует возникновение аварийной ситуации. Несколько патронов могут иметь одну и ту же радиочастоту и все сигналы от этих патронов поступают на один приемный блок (например, все патроны на одной автоматической линии могут работать на один блок). Если не предусмотрен останов станка по сигналу датчика, то после окончания цикла резьбонарезания и отвода шпинделя контрольное кольцо (красного цвета) остается в верхнем положении, показывая, что на этом шпинделе возникла аварийная ситуация. Это особенно удобно при многошпиндельной обработке с одним приемным блоком, когда нет необходимости осматривать каждый шпиндель, так как сразу видно, где произошел сбой. После устранения причины кольцо просто сдвигается в исходное положение. Применение патронов HF позволяет в большинстве случаев не устанавливать контрольные станции для проверки резьбы или наличия отверстия. Датчик питается от встроенной батареи, а приемный блок оснащен функцией контроля состояния батареи. Количество датчиков, работающих на один приемный блок, не ограничено. Желательно, чтобы они были как можно ближе расположены к приемной антенне блока. Возможна установка нескольких антенн на один приемный блок.

## **Вихревое нарезание резьбы**

Вихревое нарезание называется также нарезанием резьбы резцовыми головками, летучими резцами или однозубыми фрезами. Основное движение резания (рис. 51) обеспечивается вращением головки с расположенными на кольцевой плашайбе резцами (от одного до четырех), описывающими своими вершинами эксцентричную окружность вокруг детали. При этом сама головка наклонена по отношению к оси детали на угол подъема винтовой линии. Таким образом главное движение резания осуществляется вращением инструмента, движение подачи - вращением заготовки, а продольное движение подачи - перемещением вихревой головки. В настоящее время основным инструментальным материалом для резцов является твердый сплав. Скорости резания при обработке сталей составляют 100-125 м/мин. Вихревое резьбонарезание бывает попутным и встречным. В большинстве случаев применяют попутное фрезерование. В то же время, при обработке закаленных материалов применяется встречное фрезерование, так как в этом случае происходит врезание инструмента по уже обработанной поверхности и стойкость инструмента в этом случае выше. Вихревое резьбонарезание является одним из наиболее эффективных и экономичных методов обработки резьбы за счет большого съема металла при высокой точности обработки. Этот метод применяется наряду с резьбошлифованием для изготовления длинных точных ходовых винтов, при этом обеспечиваются малые погрешности шага при высоком качестве обработанной поверхности. Усилия резания при вихревой обработке в три-четыре раза меньше, чем при фрезеровании резьбы. В зависимости от вида резьбы и высоты профиля в головке может быть установлено от одного до трех резцов с распределением припуска (один полнопрофильный резец; два резца для обработки правой и левой стороны профиля; два черновых резца для прорезки канавки, чистовой для обработки профиля и резец для снятия заусенцев и обработки дна впадины). При обработке одним резцом сразу всего профиля условия резания неблагоприятны сход стружки затруднен и она остается в профиле резьбы. При обработке двумя резцами по боковым сторонам возникают односторонние силы резания и, соответственно, односторонний износ инструмента. Наиболее оптимальным является трехрезцовая обработка - два резца для обработки впадины, один профильный калибрующий, к которому во многих случаях добавляют четвертый для снятия заусенцев. Такая комбинация свободна от указанных недостатков. Резцы для обработки профиля

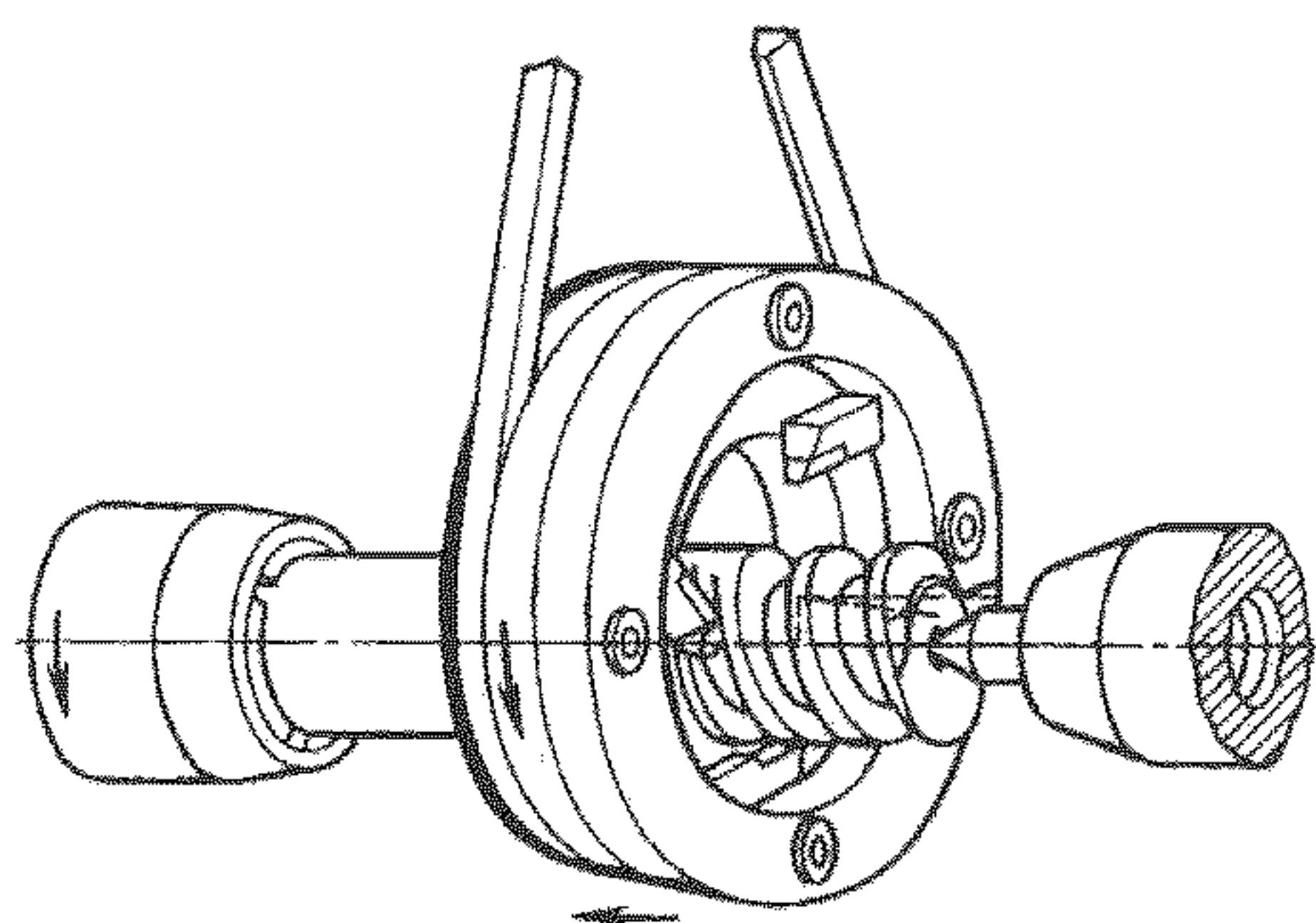
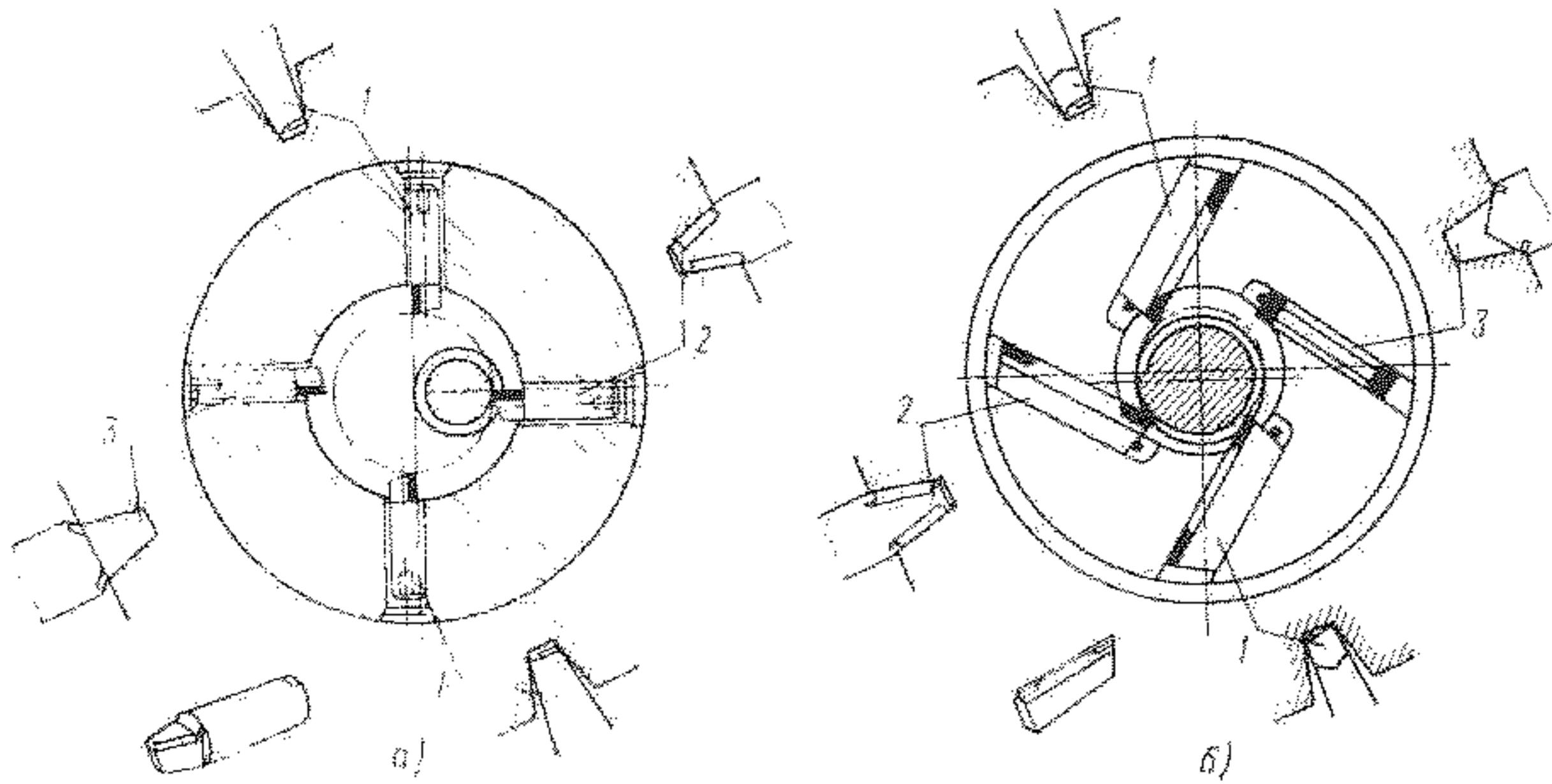


Рис. 51

расположены в головке напротив друг друга (рис. 52), что обеспечивает равную толщину среза. Для обеспечения необходимой точности обработки положение отдельных инструментов в вихревой головке должно быть тщательно выверено.

Рис. 52



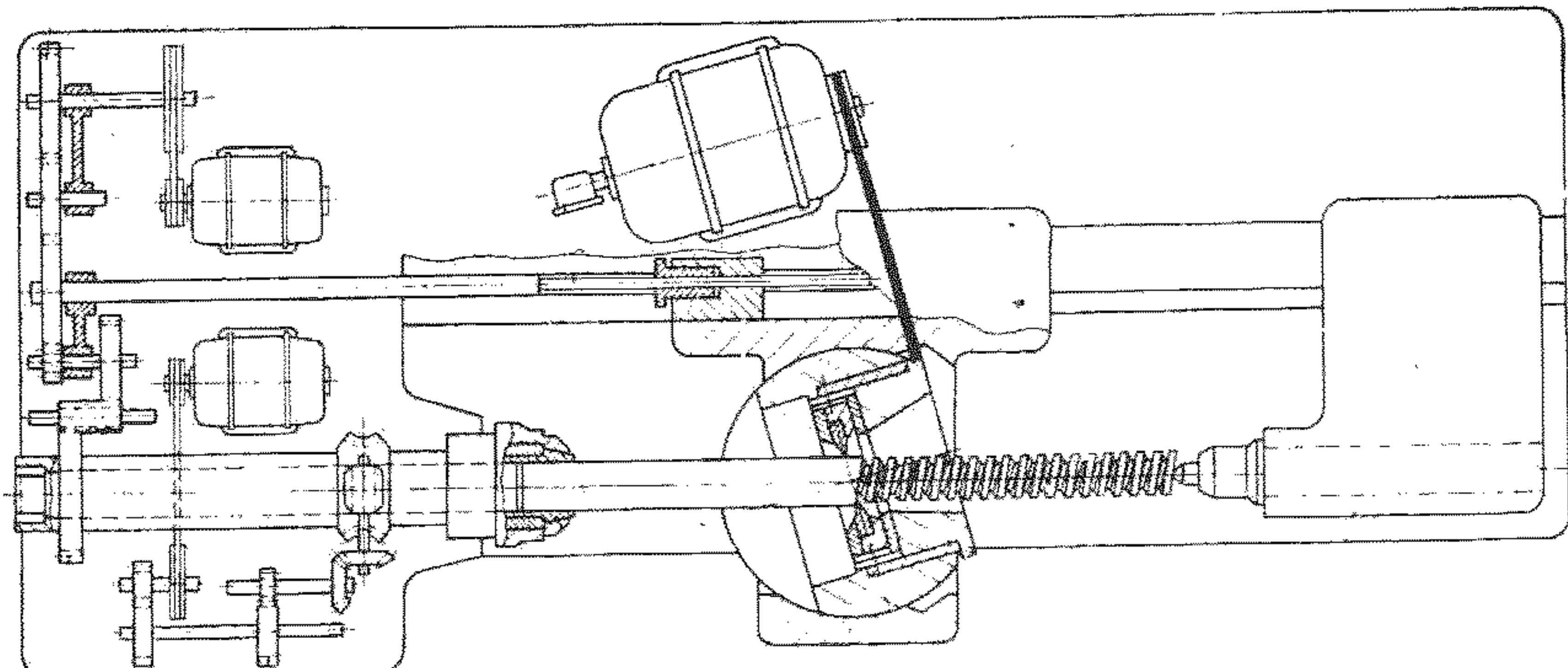
Резцы в головке могут располагаться радиально (рис. а) и тангенциаль но (рис. б). При тангенциальном расположении преимущества заключаются в более благоприятном восприятии силы резания, действующей вдоль инструмента, простота переточки, простота проектирования и изготовления инструмента и возмож

можность простой настройки резцов в головке.

Вихревое резьбонарезание обычно производят без охлаждения, стружку удаляют сжатым воздухом. При этом способе обработке резьбы нагрев заготовки минимален, тепло уходит в стружку. Вихревой способ применяют также при обработке внутренних резьб. Приспособления для вихревого нарезания резьбы устанавливаются на универсальных и токарно-винторезных станках без ходового винта или на резьбофрезерных станках для длинных резьб. Схема специализированного станка для вихревого резьбонарезания показана на рис. 53. Подобные станки в России выпускаются рязанским станкозаводом совместно с фирмой Burgsmüller (Германия).

Наряду с трапециoidalной, треугольной, упорной и круглой резьбами с помощью вихревой обработки можно изготавливать шариковые ходовые винты, модульные червяки, насосные и экструдерные червяки.

Рис. 53



## Обработка резьбы фрезерованием

Резьбофрезерование - это метод изготовления резьбы резанием с помощью многолезвийного вращающегося инструмента. Между поступательным и ротационным движением подачи заготовки существует принудительная связь. Принято разделять на фрезерование коротких и длинных резьб. Это относится как к наружной, так и к внутренней резьбе. Экономически эффективным является фрезерование наружной резьбы диаметром от 4 мм и внутренней резьбы диаметром от 8 мм. В первую очередь резьбофрезерование применяется при обработке заготовок, которые трудно или невозможно обработать другими методами получения резьбы.

В классическом варианте (рис. 54) фреза и заготовка имеют вращение и за время, составляющее одну шестую от времени полного оборота, фреза подается радиально на врезание на высоту профиля резьбы. После следующего оборота заготовки резьба готова. При этом инструмент или заготовка совершают осевое перемещение на шаг резьбы. В данном случае предпочтительнее применение встречного фрезерования.

С помощью резьбовых фрез системы TMS (рис. 55) фирмы KENNAMETAL HERTEL можно обрабатывать резьбы на очень крупных деталях; на деталях, которые трудно или невозможно закрепить на токарном станке для нарезания резьбы резцом; на несимметричных деталях, имеющих при вращении значительный дисбаланс; в глухих отверстиях без канавок для выхода резьбового инструмента; при очень больших диаметрах резьбы. По сравнению с другими способами обработки резьбы система TMS дает определенные преимущества. В первую очередь, это сокращение машинного времени благодаря высоким скоростям резания и подачам, возможность полной обработки за один переход, получении полного по глубине профиля резьбы за один рабочий ход. Благодаря получению короткой, легко удаляемой стружки, возможно сокращение связанного с удалением стружки вспомогательного времени. Кроме того, возможно сокращение складского запаса инструмента благодаря применению одного инструмента для левых и правых резьб; одного корпуса фрезы для наружной и внутренней резьбы, а также для резьб различного профиля и шага; наличию на каждой пластине двух режущих кромок; нанесенному на пластины износостойкому покрытию, повышающему их стойкость. Таким образом,

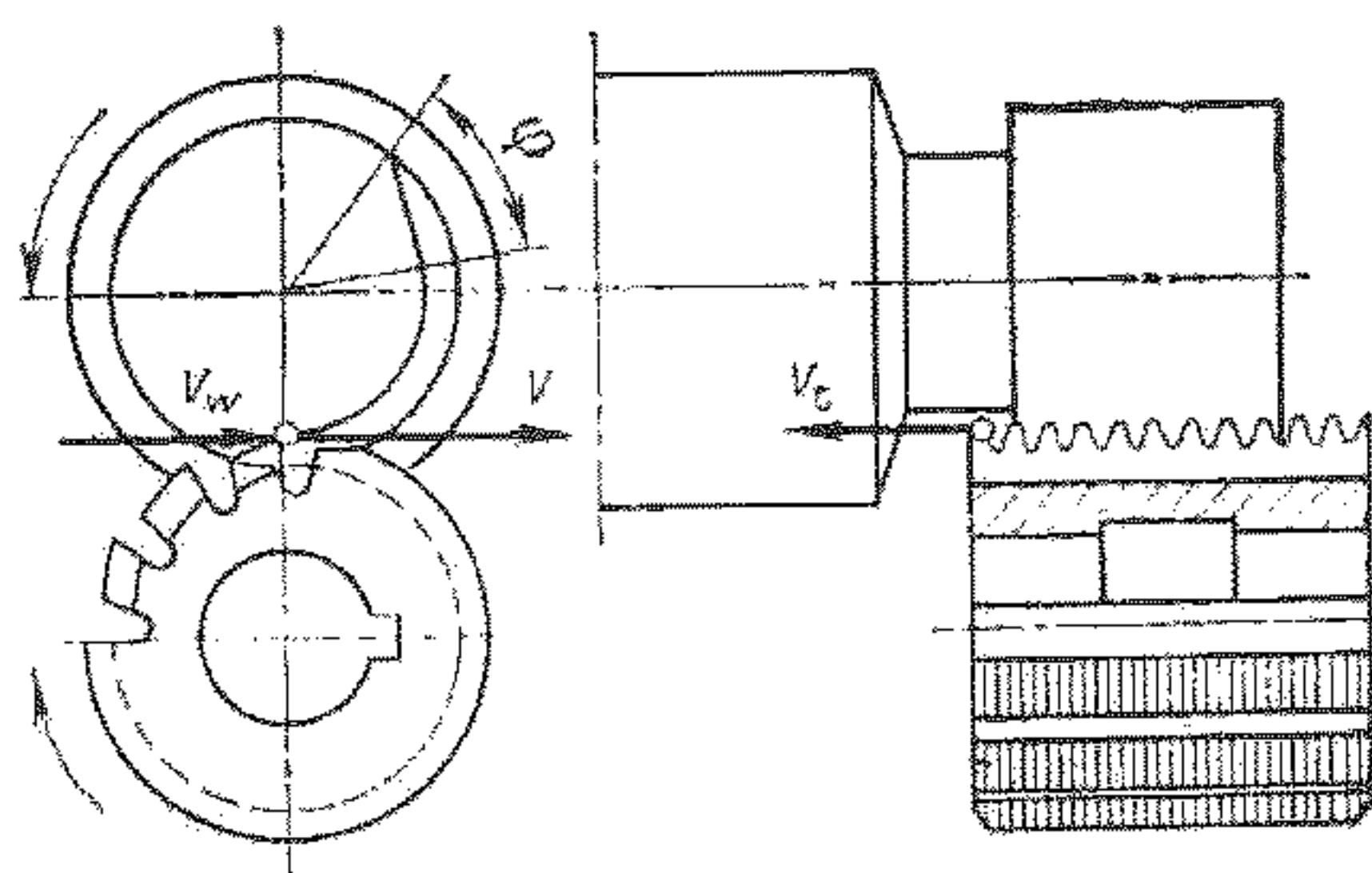


Рис. 54

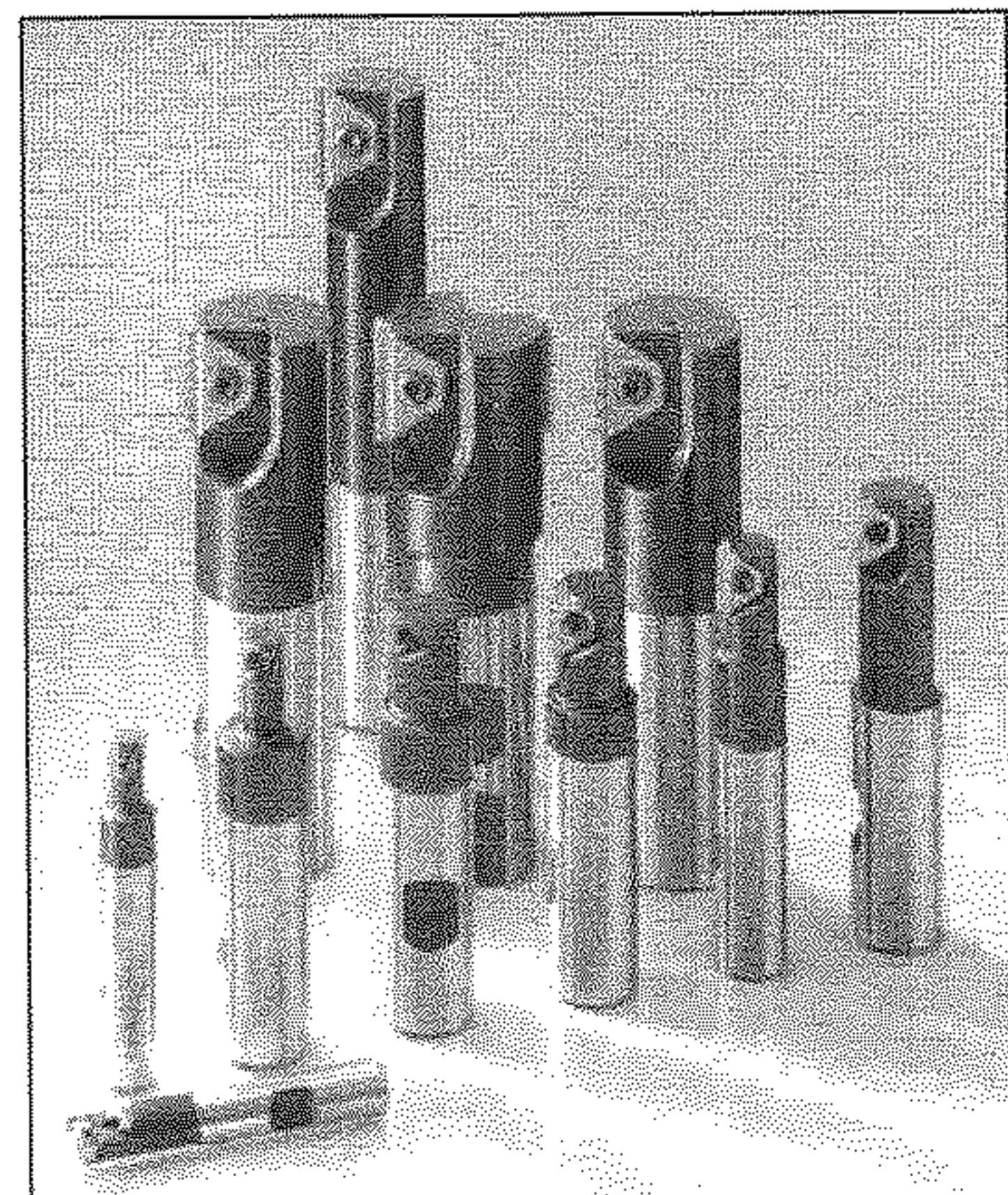


Рис. 55

система TMS фирмы KENNAMETAL HERTEL представляет собой системное решение для высокоточного и экономичного фрезерования резьбы для всех случаев применения.

Для работы фрезами системы TMS необходим фрезерный станок с одновременным программным управлением тремя осями (винтовой интерполяцией). Винтовая интерполяция представляет собой возможность перемещения точки по винтовой линии. Винтовое движение состоит из движения по кругу в плоскости и одновременного смещения в перпендикулярной плоскости. Перемещение из точки A в точку B (рис. 56) является такой комбинацией движения по кругу в плоскости XY и линейного перемещения по оси Z. При фрезеровании резьбы (рис. 57) движение по кругу формирует диаметр резьбы (D), а линейное перемещение шаг (p). Комбинация винтовой интерполяции с необходимым профилем пластины и обеспечивает все параметры резьбы.

Таким способом можно обрабатывать внутренние и наружные, правые и левые резьбы. Различные резьбы получаются путем различных комбинаций направления вращения и подачи (рис. 58). Предпочтение надо отдавать попутному фрезерованию, которое обеспечивает более низкие усилия резания, лучшее стружкообразование, лучшее качество обработанной поверхности и большую стойкость инструмента. Для внутренней резьбы в глухих отверстиях также снижается опасность заклинивания фрезы из-за упора фрезы в лежащую в отверстии стружку. В то же время, при обработке закаленных поверхностей или труднообрабатываемых материалов иногда рационально применение встречного фрезерования.

При выборе инструмента для фрезерования внутренней резьбы решающим является возможность выбрать наибольший диаметр фрезы для заданного диаметра отверстия. При применении фрез с двумя режущими кромками машинное время сокращается вдвое. Применение фрез маленького диаметра также сокращает время обработки, улучшает охлаждение и отвод стружки, однако меньшая стабильность

Рис. 56

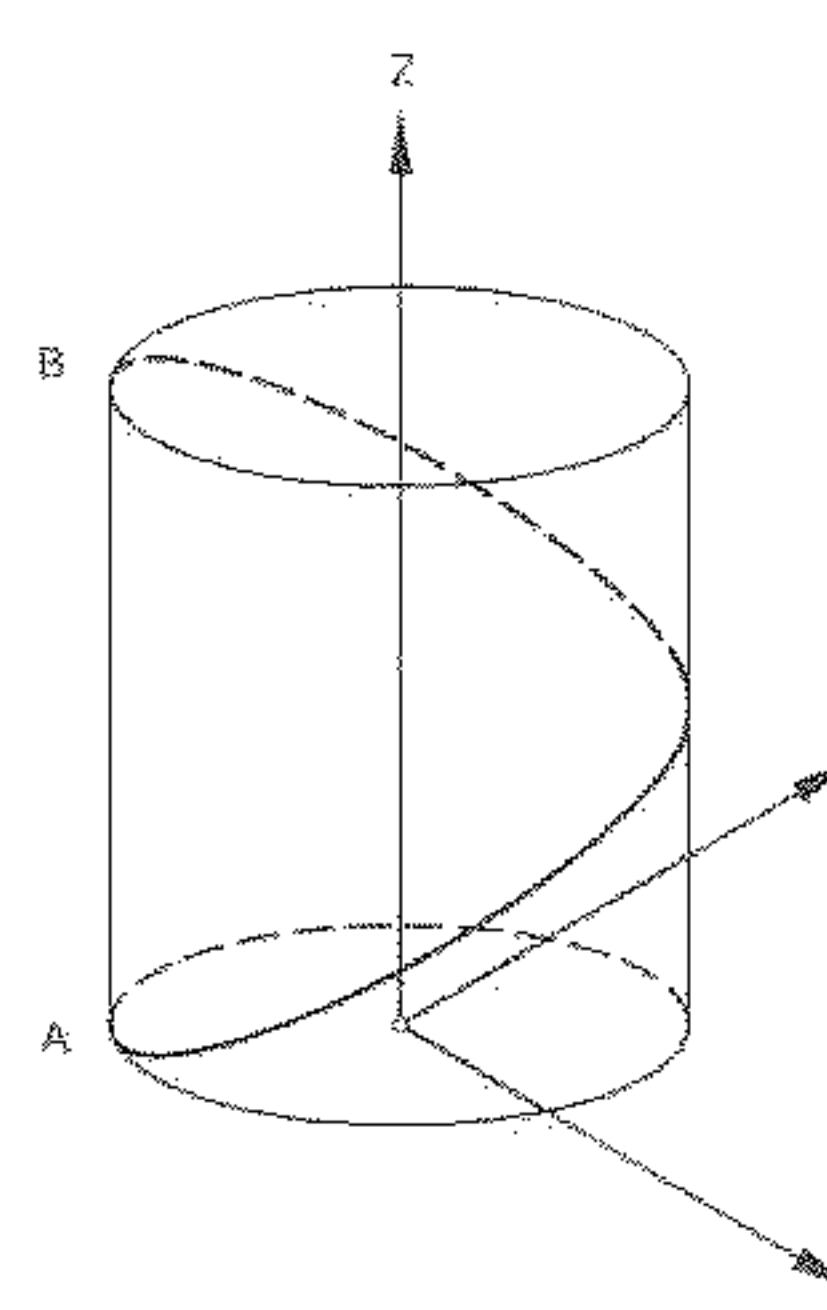


Рис. 57

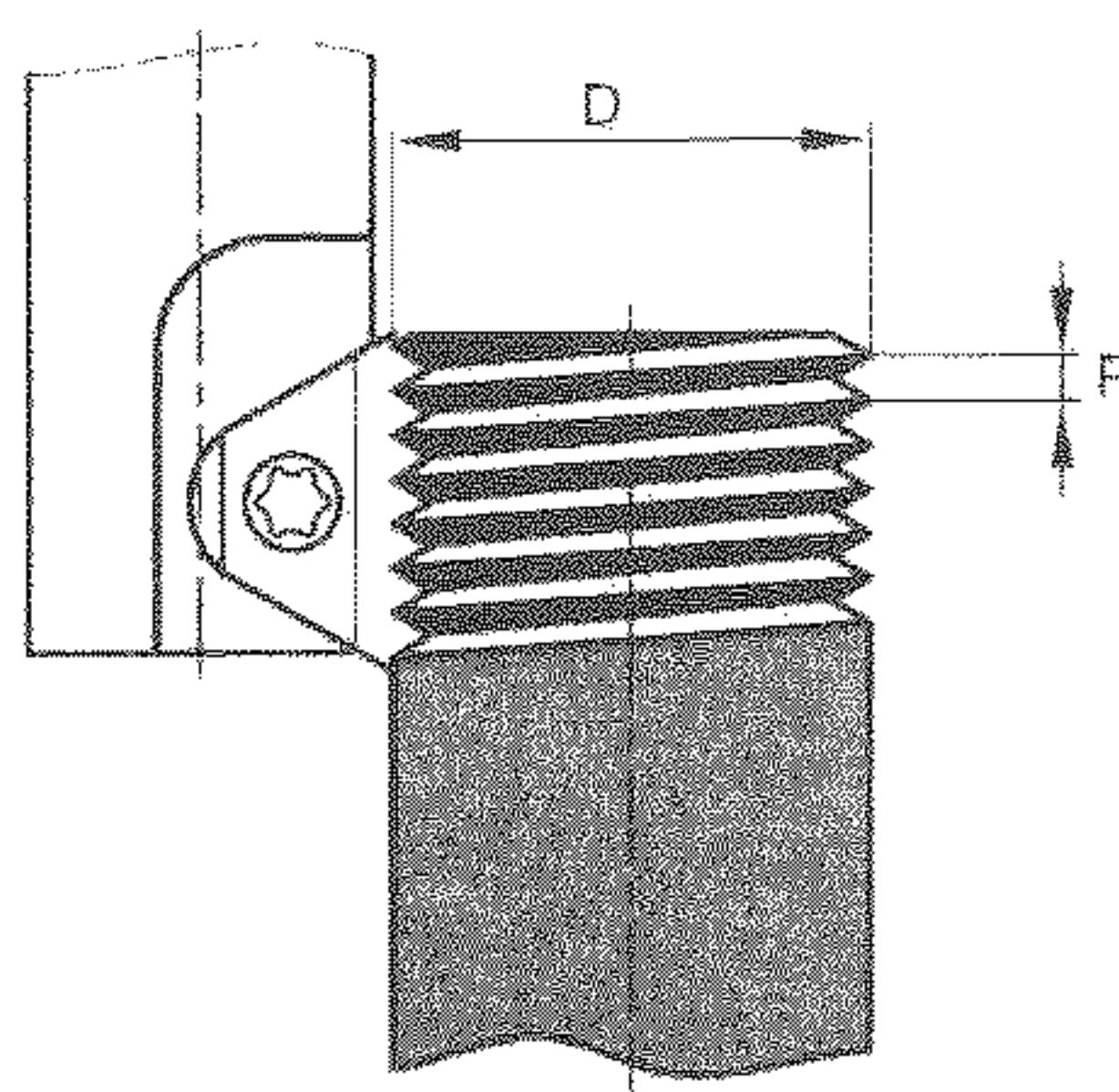
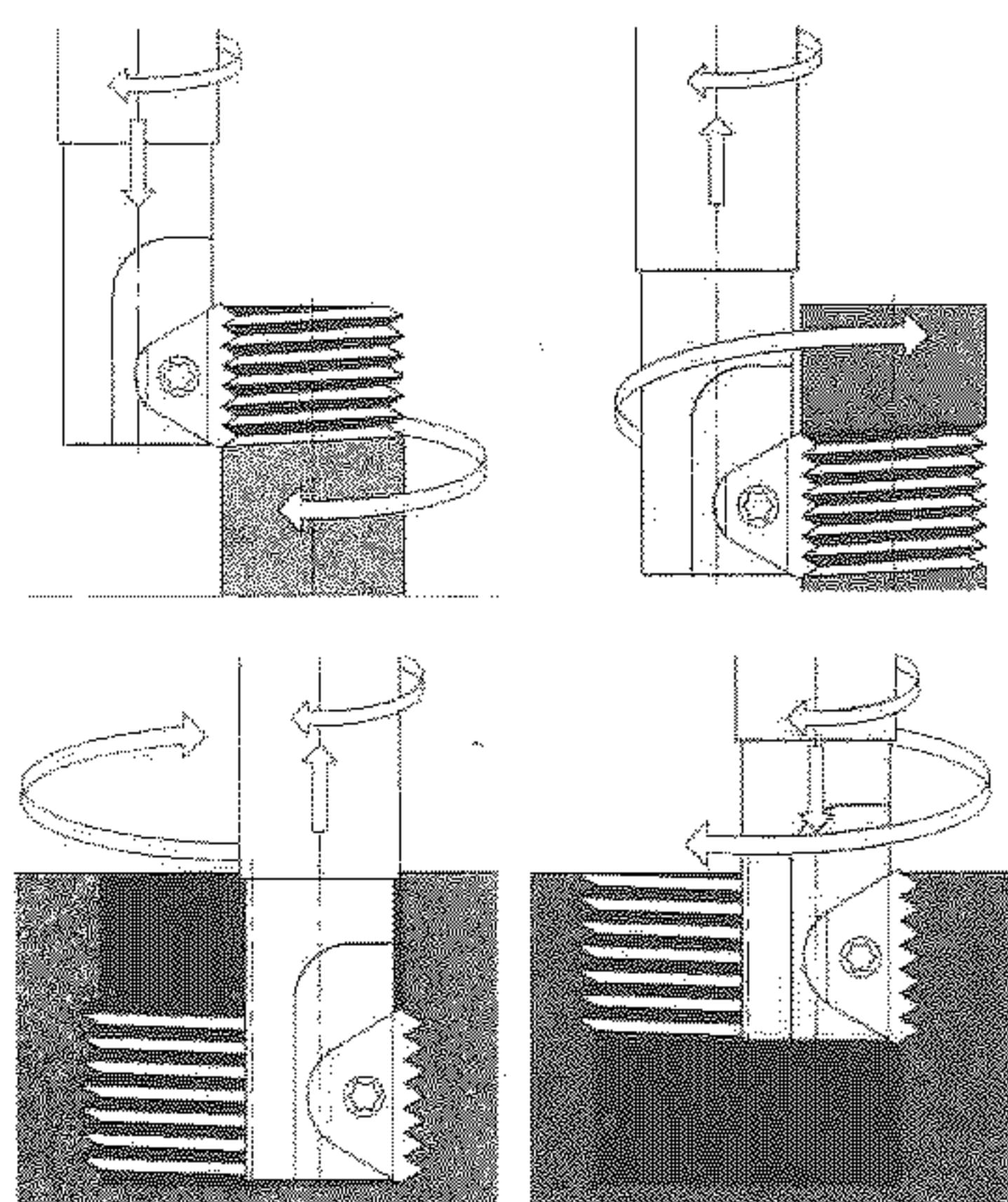


Рис. 58



может привести к возникновению вибраций, особенно при обработке материалов высокой прочности. Предпочтение также нужно отдавать пластинам, имеющим длину режущей кромки больше, чем длина обрабатываемой резьбы, чтобы иметь возможность обработать резьбу за один оборот. Если это невозможно, то нужно обработать один оборот, сместить фрезу на несколько шагов резьбы и фрезеровать следующий оборот.

Существует три метода подачи на врезание при фрезеровании резьбы - радиальное врезание, тангенциальное врезание по дуге и тангенциальное врезание по прямой. При радиальном врезании (рис. 59а) инструмент подводится к детали по прямой по центру детали. Это самый простой, но и самый неблагоприятный способ, так как угол обхвата слишком велик. Применять этот способ можно только в исключительных случаях.

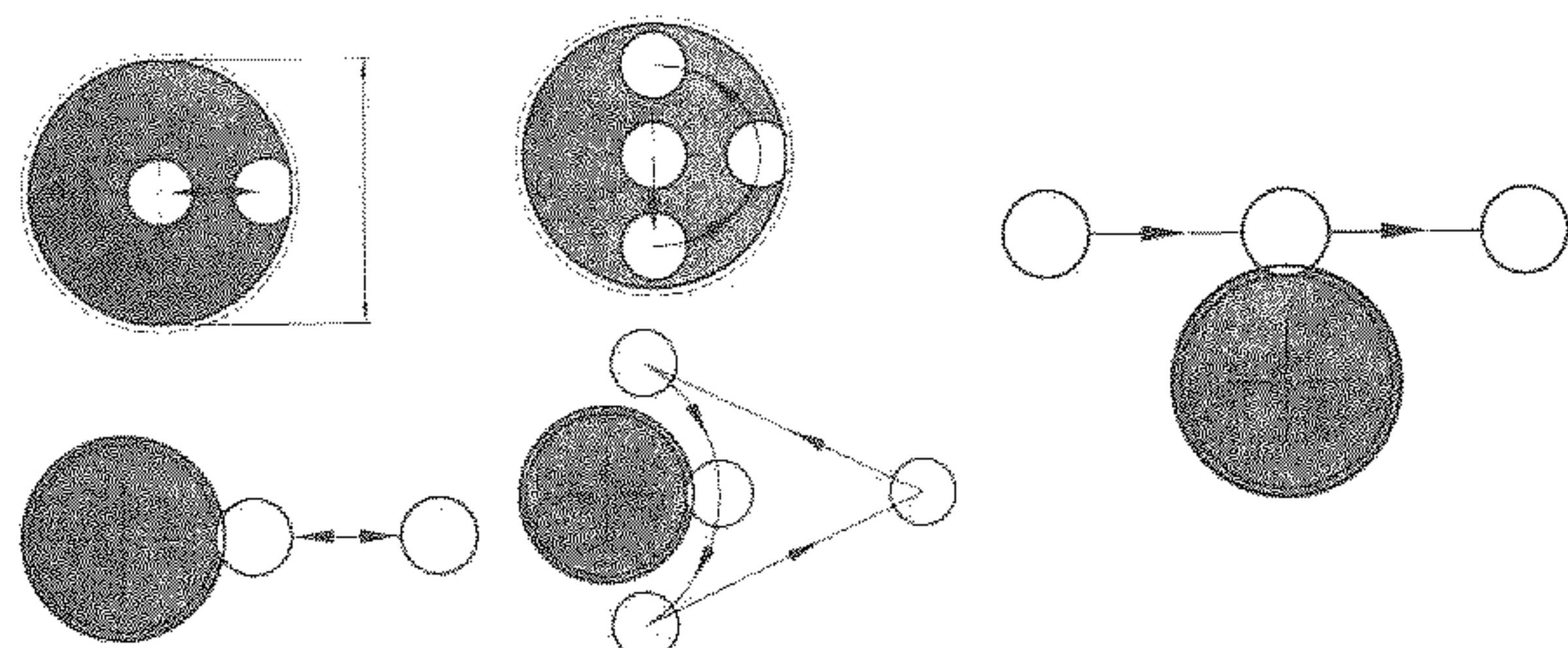


Рис. 59  
(а,б,в)

Тангенциальное врезание по дуге (рис. 59б) является наиболее предпочтительным. Инструмент на ускоренном ходу подводится к детали, не доходя до нее 0.5 мм. Из этой точки по радиусу с одновременным врезанием по оси Z до полного профиля. После полного оборота фреза аналогично отводится. При этом способе инструмент мягко входит в и выходит из обрабатываемого материала. Метод тангенциального врезания по касательной (рис. 59в) является очень простым, имеет все преимущества тангенциального врезания по дуге, но применим только для наружной резьбы.

Помимо предлагаемой фирмой KENNAMETAL HERTEL системы инструментов для резьбофрезерования со сменными многоугольными пластинами, применяются также цельные твердосплавные и быстрорежущие (рис. 60) и насадные быстрорежущие гребенчатые фрезы (рис. 61). Технология применения этих фрез полностью совпадает с рассмотренной выше для фрез со сменными многоугольными пластинами. Практика показывает, что для большинства случаев применение сменных многоугольных пластин дает экономические преимущества, хотя в определенных случаях оправдано применение гребенчатых фрез. В качестве примера можно привести вариант обработки резьбы при отсутствии станка с винтовой интерполяцией. Поскольку длина

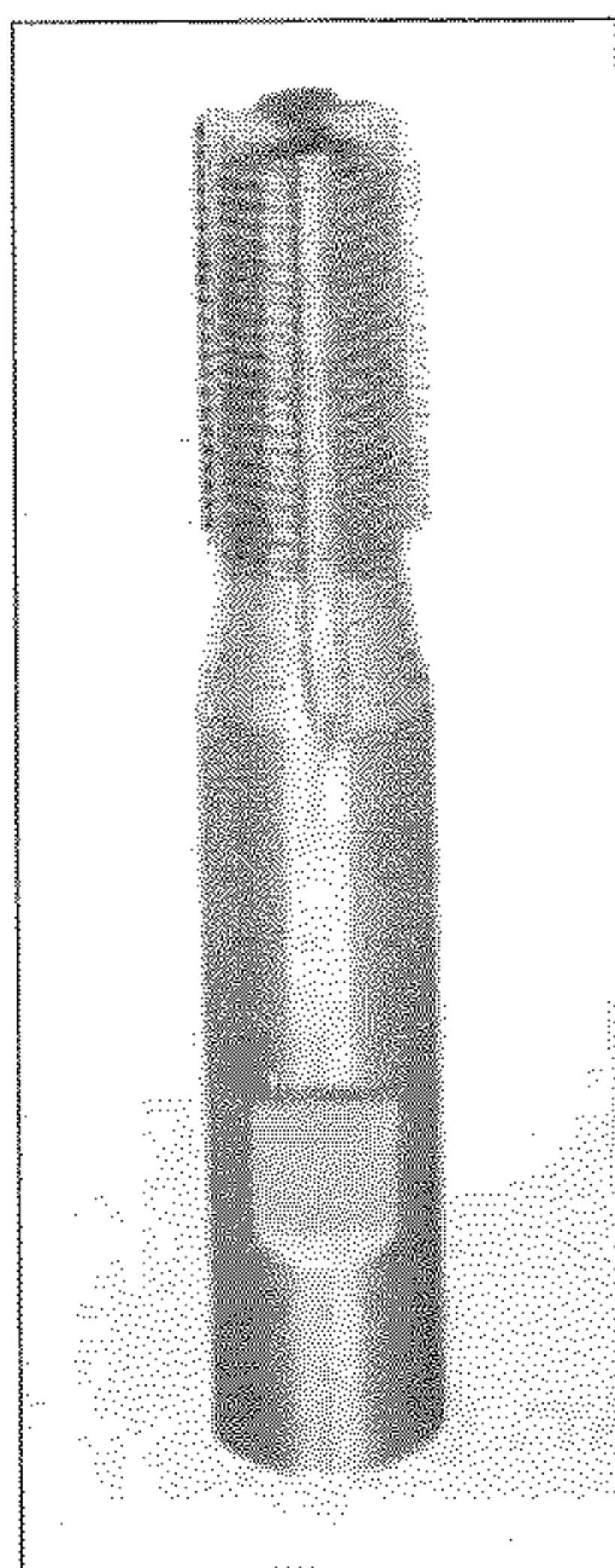
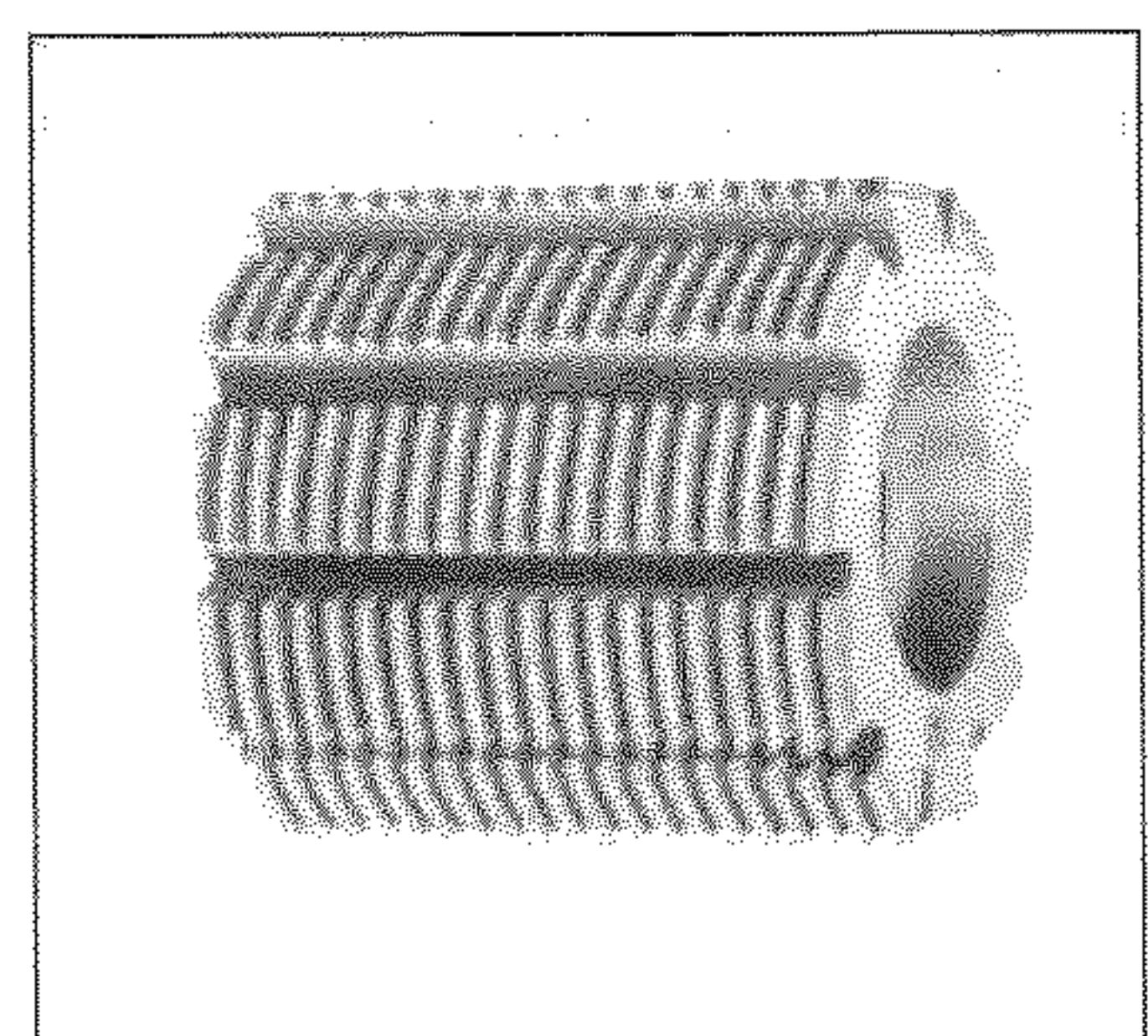


Рис.60  
Рис. 61



рабочей поверхности гребенчатых фрез в некоторых случаях больше, чем у сменной многогранной пластины, появляется возможность обработать резьбу за один переход без осевой подачи.

Рис. 62

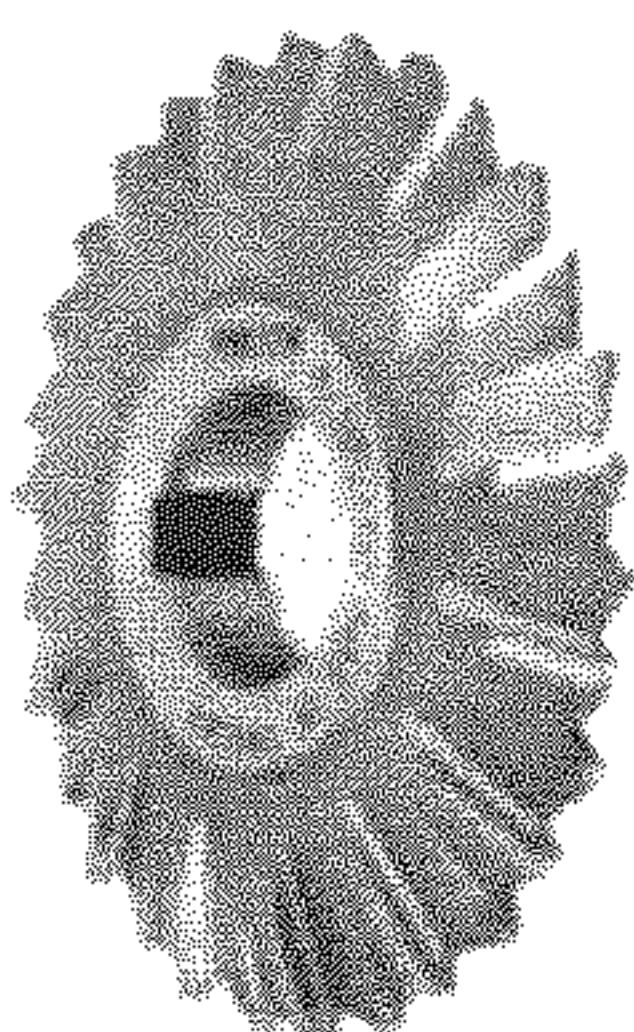
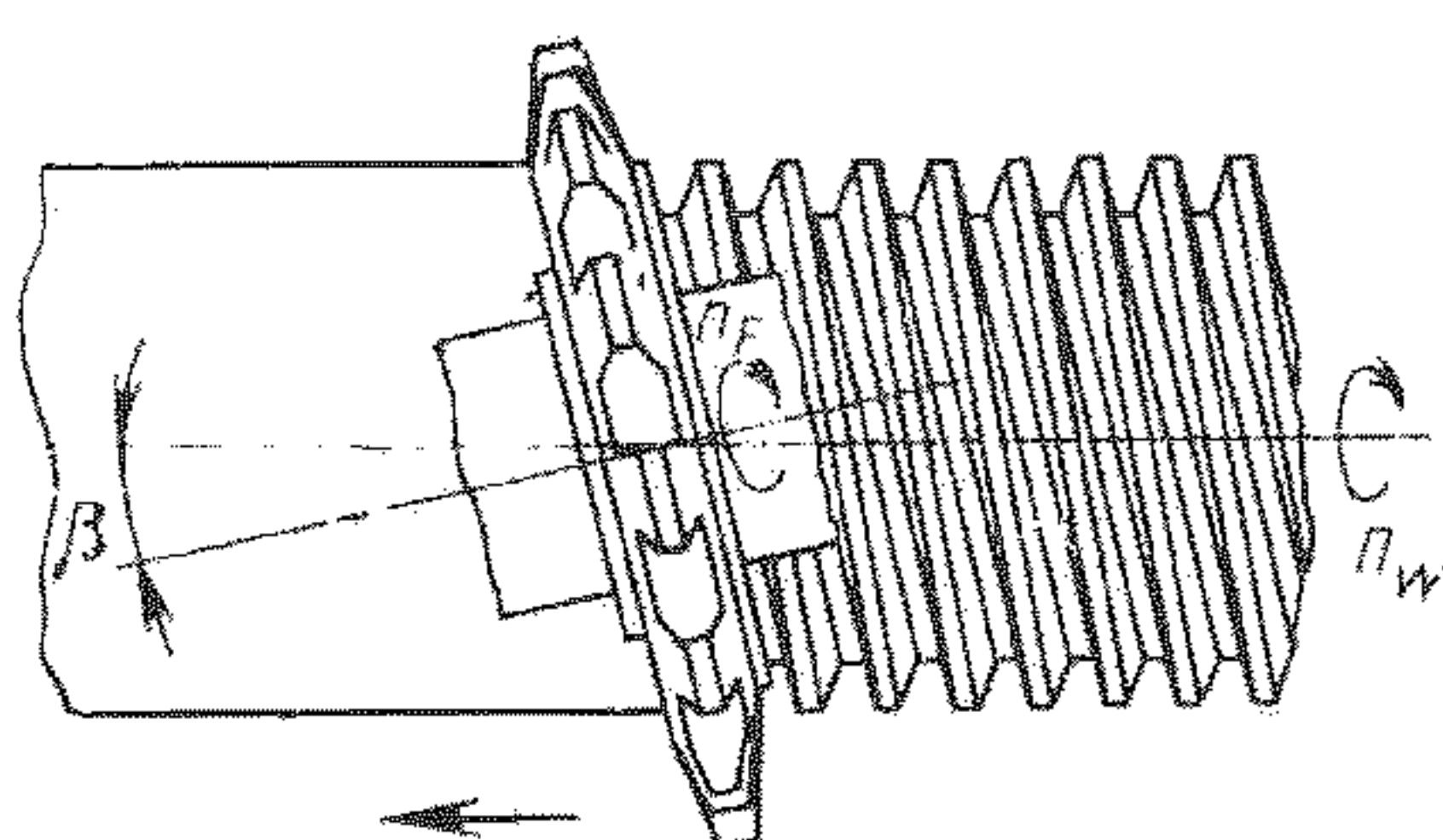


Рис. 63



При фрезеровании длинных резьб длина резьбы на заготовке не зависит от ширины фрезы, что позволяет изготавливать очень длинные резьбы. В качестве инструмента применяют дисковые профильные фрезы (рис. 62). Соответственно шагу резьбы ось фрезы поворачивается к детали (рис. 63). При нарезании внутренней резьбы длина резьбы ограничена наклоном фрезы. Дополнительные ограничения накладывает угол при вершине профиля. Если угол менее 10 градусов, то появляются значительные искажения профиля. Таким образом, данным методом нельзя нарезать прямоугольную резьбу. Можно использовать попутное и встречное фрезерование. При попутном фрезеровании стойкость инструмента выше, в то время как при встречном выше точность и качество поверхности.

Резьбовые профили могут быть изготовлены также, аналогично зубчатым колесам, фрезерованием методом обката. Экономично применение этого метода при обработке многозаходных резьб крупного профиля, например червяков.

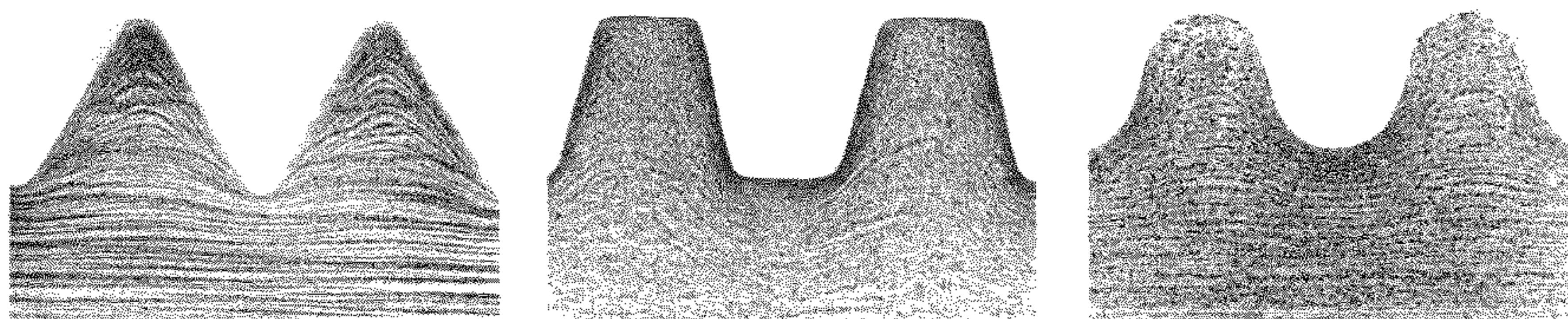
## Обработка резьбы давлением

### Обработка наружной резьбы

При холодной обработке без снятия стружки материал подвергается пластическому деформированию с усилием, превышающим предел текучести, что делает процесс необратимым. При этом, в отличие от процесса резания, материал перемещается, а не удаляется. Иллюстрацией служат приведенные микрографические фотографии.

Накатывание, как основной процесс обработки резьбы давлением, осуществляется либо плоскими плашками, либо круглыми роликами. рассмотрим более подробно накатывание роликами.

Рис. 64



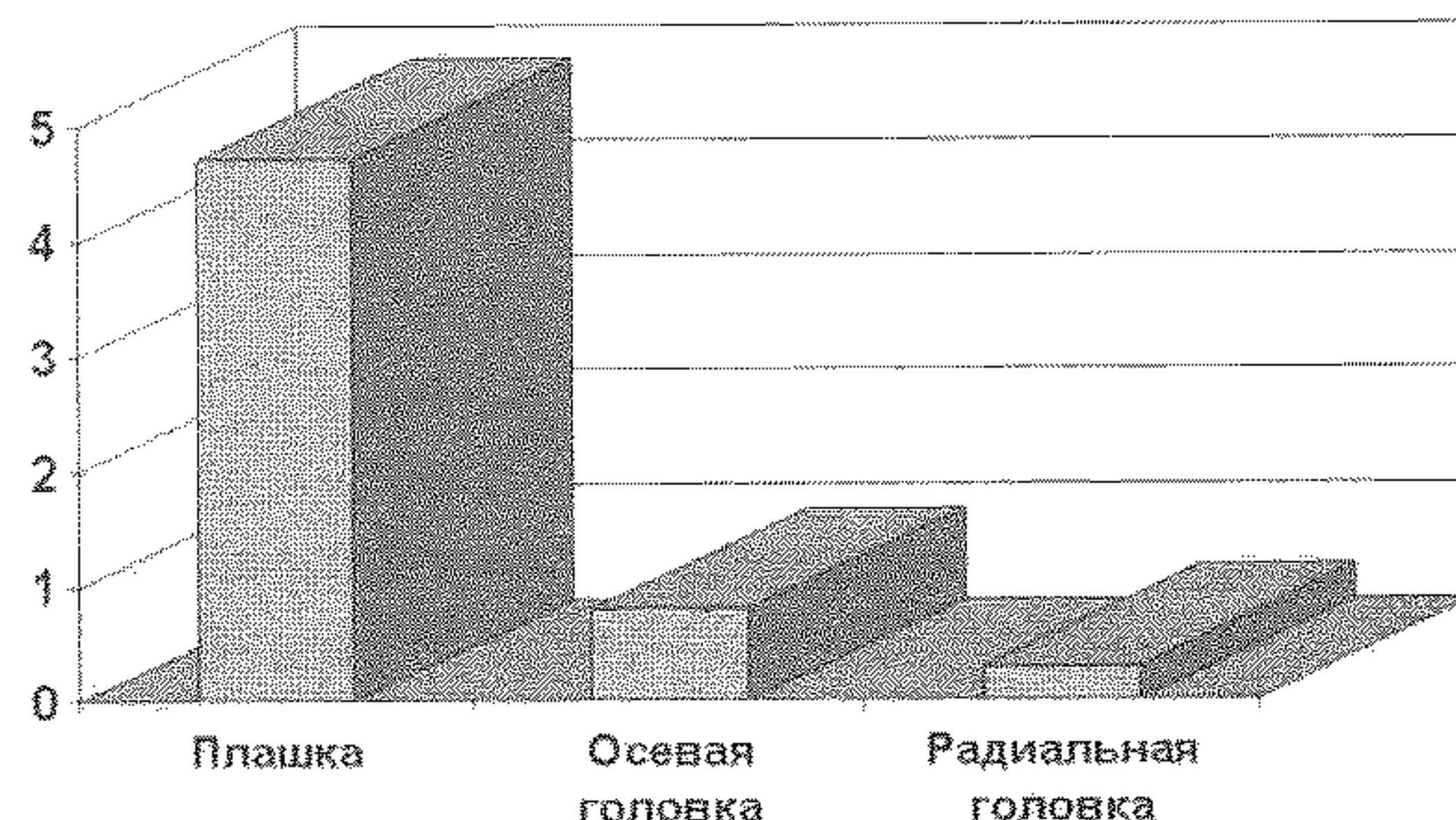
Процесс накатывания резьбы имеет определенные экономические преимущества перед обработкой резанием:

- крайне малое машинное время
- большой период стойкости инструмента
- полное использование оборудования
- простота операции

Скорости обработки при накатывании, составляющие от 20 до 90 м/мин существенно выше, чем скорости при обработке резанием. При обработке плоскими плашками скорости резания редко превышают 10 м/мин. Поэтому обработка накатными роликами перестает быть лимитирующей операцией в цикле обработки. рассмотрим здесь только один пример (рис. 65) - обработка резьбы 5/8T UNF на длину 19 мм на стальной отливке. Для нарезания резьбы плашкой требуется 4,8 секунды. При переходе на накатывание осевой головкой для обработки требуется 0,8 секунды, а при накатывании радиальной головкой требуется всего 0,2 секунды.

Оптимизированная конструкция инструмента для накатывания резьбы обеспечивает большую стойкость комплекта роликов и, соответственно, малую стоимость инструмента на деталь. Несколько примеров приведено в таблице.

Рис. 65



Резьба	Длина резьбы	Материал	Тип головки	Стойкость одного комплекта роликов
M5 x 0,8	15 мм	автоматная сталь	осевая	120 000 деталей
Tr30 x 6	600 мм	сталь 50	осевая	35 000 деталей
M16 x 1,5	22 мм	40Х	осевая	30 000 деталей
M20 x 1,5	16 мм	автоматная сталь	радиальная	250 000 деталей

Резьбонакатные головки являются компактными узлами, для правильной работы которых необходимо только вращательное движение. Для удовлетворения этого простого условия вполне достаточно простого токарного станка. В то же время эти головки могут применяться на револьверных токарных станках, станках-автоматах и на токарных станках с ЧПУ, давая возможность обработать резьбу на любой детали, которую можно закрепить на данном станке, за очень малую долю общего времени обработки.

В отличие от нарезания резьбы, при котором за базу берется наружный диаметр резьбы, при накатывании резьбы базовым является средний диаметр. Для большинства заготовок это означает существенную экономию материала, особенно если это прутковый материал с диаметром прутка, равным среднему диаметру резьбы. Поскольку отсутствует процесс резания, то отсутствует и стружка и, соответственно, все связанные с ней проблемы.

Помимо экономических, накатывание резьбы имеет также ряд технических преимуществ:

- высокая точность профиля резьбы
- более высокая прочность резьбы
- более высокое качество боковой поверхности
- улучшенная износостойкость резьбы

Накатанной поверхности присущи более высокие показатели твердости поверхности по отношению к сердцевине материала. Накатанная поверхность резьбы с высотой микронеровностей менее 5 мкм улучшает сопротивление коррозии и уменьшает трение на резьбе. В сочетании с упрочнением поверхности высокое качество поверхности увеличивает нагруженную способность резьбы на 6-12%.

Для накатывания пригодны не все конструкционные материалы. Поскольку материал подвергается пластической деформации давлением, он должен иметь удлинение минимум 5% и его удельное сопротивление не должно превышать 1700 Н/мм<sup>2</sup>. В общем случае для накатывания пригодны конструкционные, улучшающие, нержавеющие и жаропрочные стали, а также мягкие бронзы, медь и алюминий. Не пригодны материалы, имеющие удлинение менее 5%, например, чугуны, твердые бронзы и другие твердые материалы. Свойства обрабатываемых материалов оказывают существенное влияние на стойкость роликов.

Практически все виды обработки могут быть осуществлены с помощью трех основных типов накатных головок - осевых, радиальных и тангенциальных.

Оевые накатные головки оснащены, как правило, тремя, а в специальных исполнениях до шести, накатными роликами. Ролики имеют на периферии прямые (не винтовые) шлифованные канавки, перпендикулярные осям ролика. ролики установлены в головке под небольшим углом, вызывая тем самым перемещение детали или накатной головки на один шаг резьбы при полном обороте ролика. Поскольку ролики перемещаются вдоль детали в осевом направлении, с помощью осевых головок можно нарезать сколь угодно длинные резьбы, а также резьбы на несбалансированных деталях. Другим преимуществом осевых головок является возможность обрабатывать как неподвижную деталь при вращающейся головке, так и вращающуюся деталь при жестко закрепленной головке. Благодаря этому головки являются универсально применяемыми: они могут устанавливаться на продольном суппорте, в револьверной головке, на шпинделе или на задней бабке простых токарных станков, станков-автоматов, станков с ЧПУ и специальных станков.

Оевые накатные головки типов F, FU, F-RN и K (рис. 66 и 67) предназначены для применения на всех видах станков (простых токарных станках, одно- и многошпиндельных станках-автоматах, револьверных станках, гидрокопировальных станках, станках с ЧПУ, специальных станках, автоматических линиях,

Рис. 66

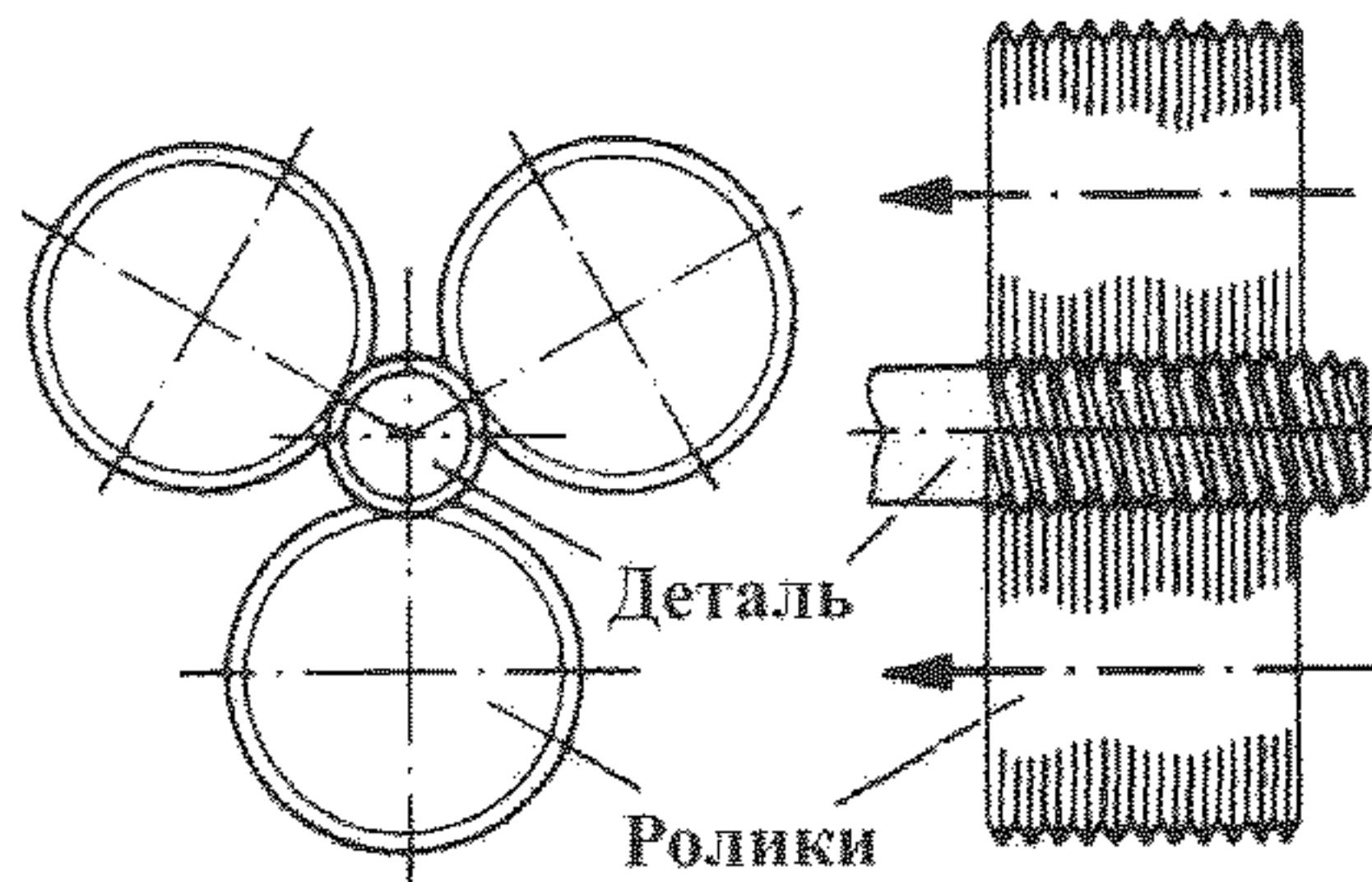
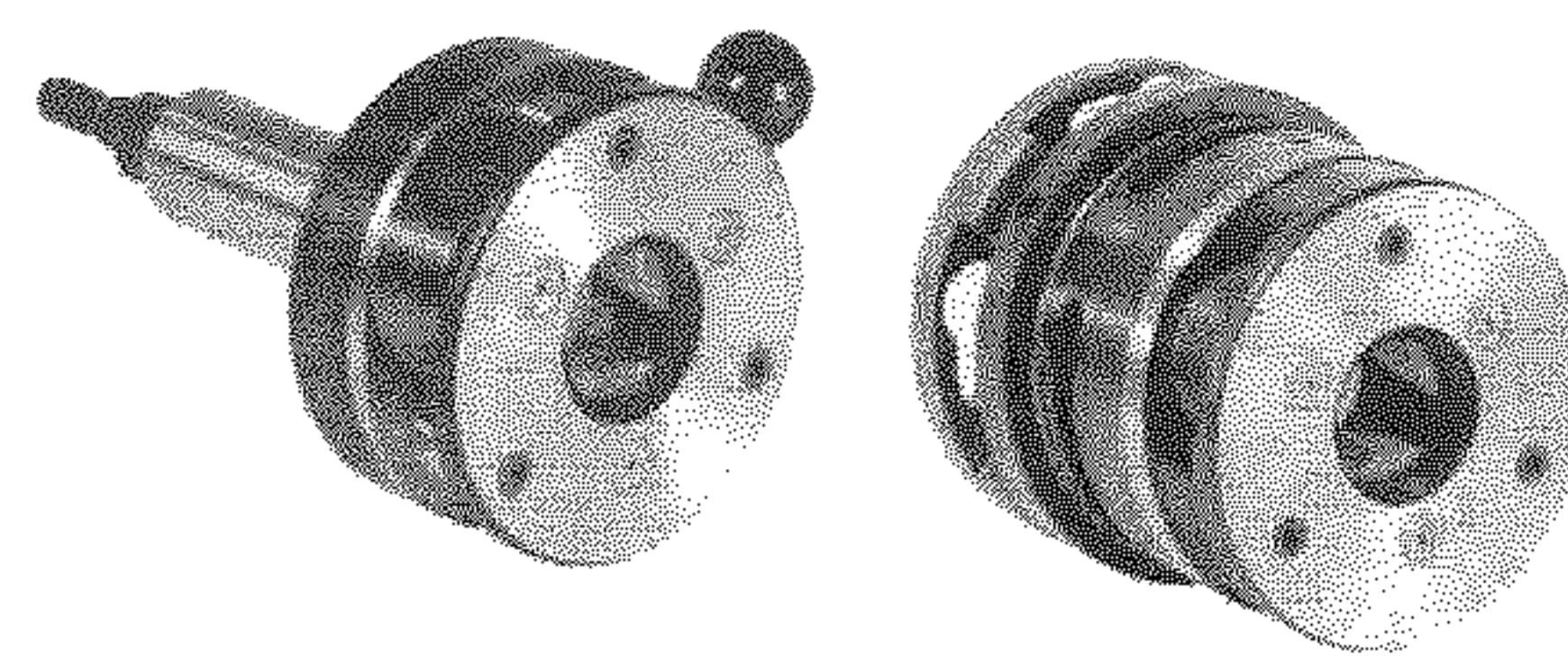


Рис. 67



резьбошарезных станках, сверлильных станках, специальных накатных станках). Устанавливаются на горизонтальную каретку, револьверную головку, шпиндель или заднюю бабку. Работают как при неподвижной головке и вращающейся детали, так и при вращающейся головке и неподвижной детали. Длина обрабатываемого профиля не ограничена. Пример обработки дан на рис. 80

Рис. 68

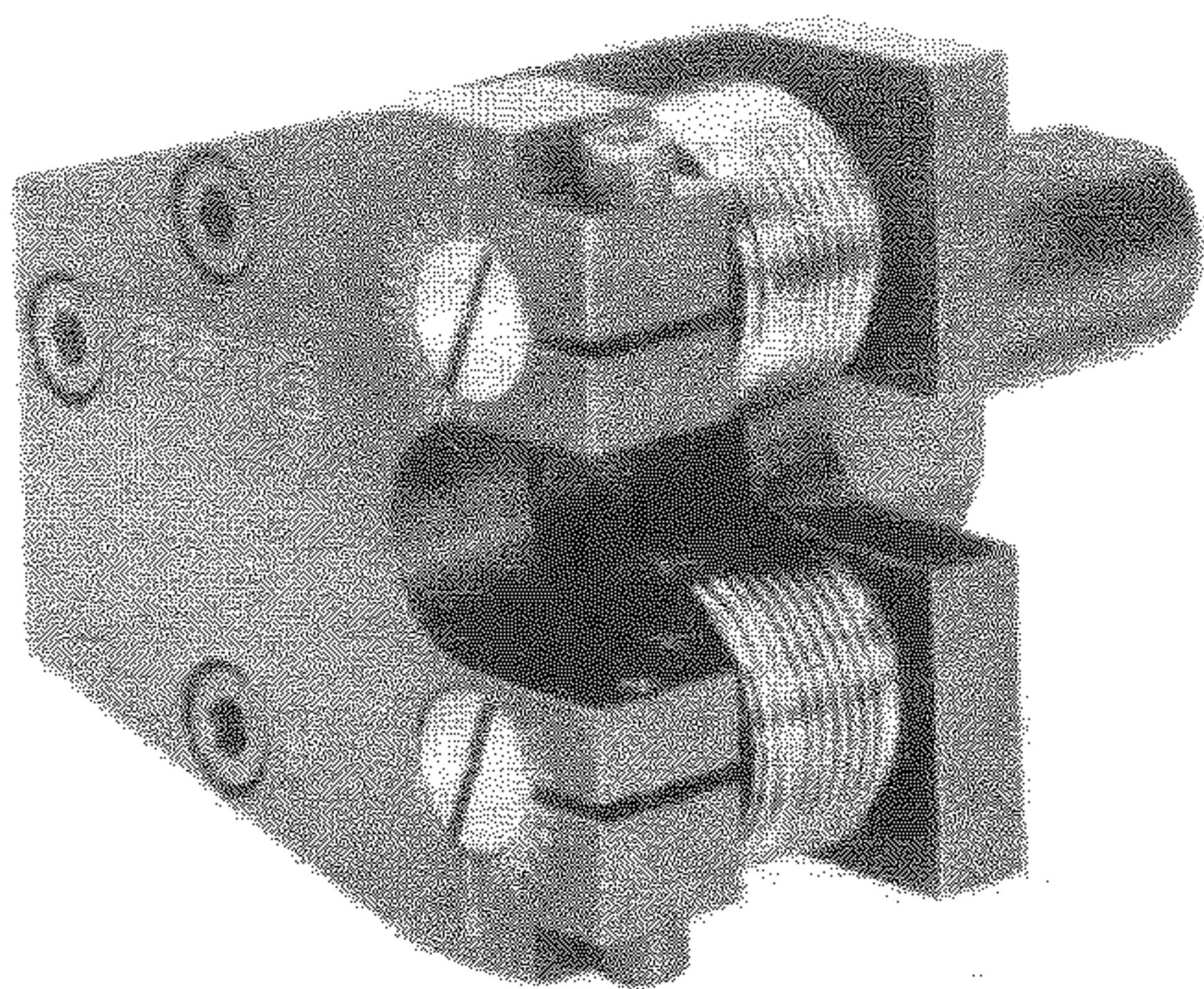
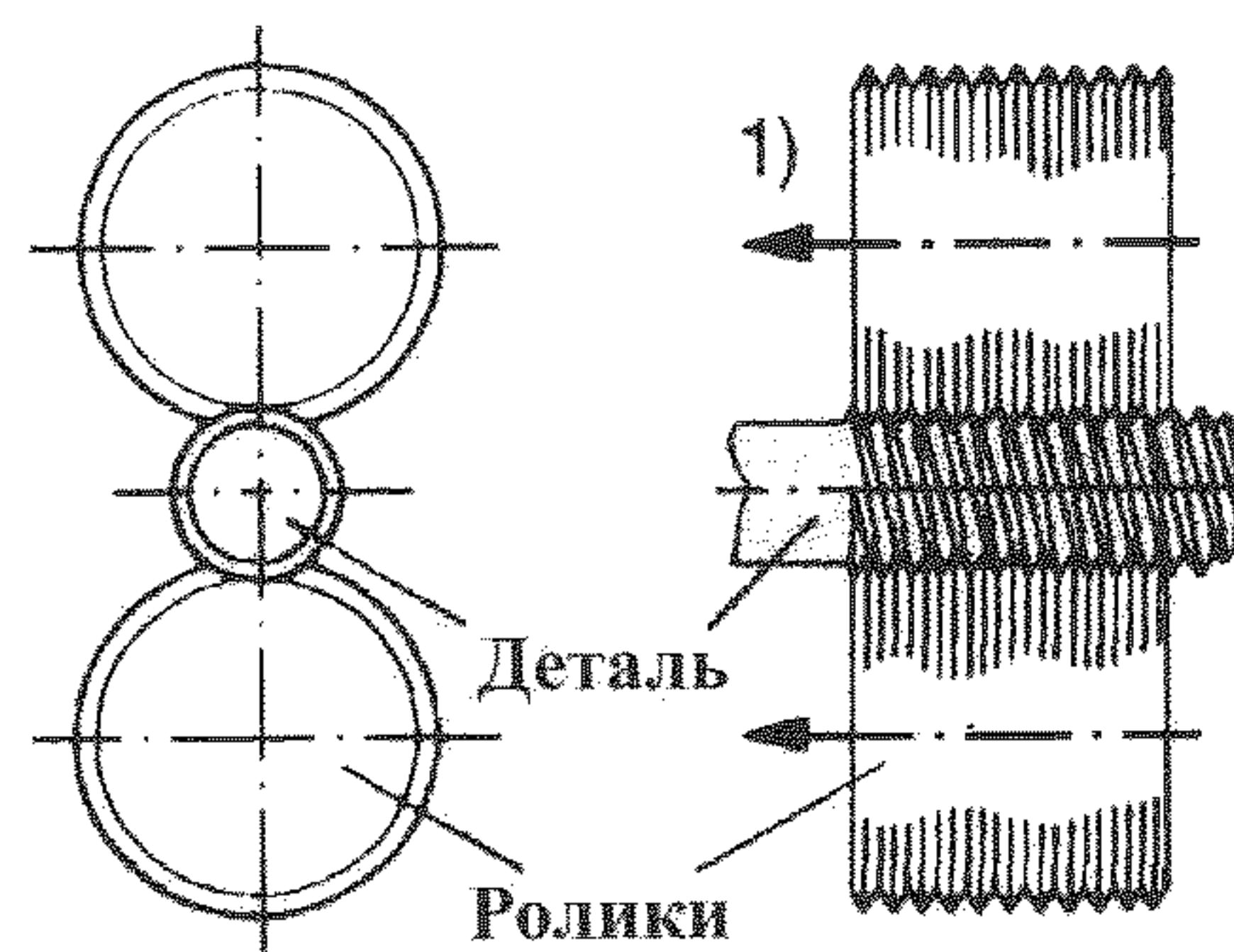


Рис. 69



Оевые накатные головки типа АС (рис. 68 и 69, пример применения на рис. 81) предназначены для применения на токарных станках с ЧПУ. Устанавливаются на револьверной головке, продольном и поперечном суппорте, управляемыми от ЧПУ. Длина обрабатываемого профиля не ограничена. Возможна обработка детали, установленной в центрах.

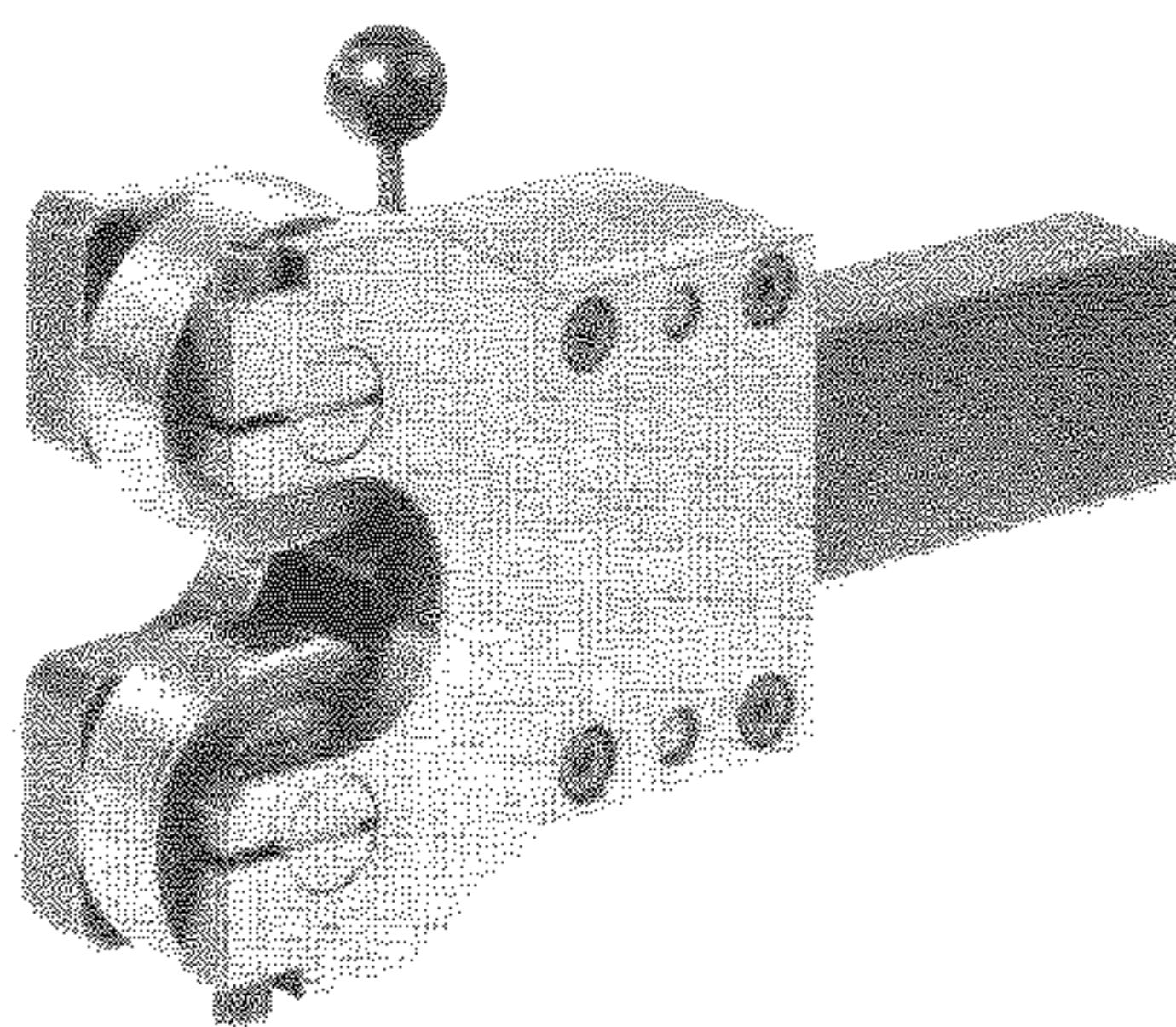
**Радиальные накатные головки** разработаны для использования на большинстве типов станков, включая токарные станки с ЧПУ. При применении этих головок не требуется управление подачей головки на врезание. радиальные головки отличаются очень высокой производительностью обработки разных профилей. После установки радиальной головки в исходное положение и перевода рукоятки управления в рабочее положение обработка резьбы происходит за один оборот роликов. С помощью радиальных накатных головок можно экономично проводить:

- обработку очень коротких резьб
- обработку резьб на маленьком вылете

- обработку резьбы за буртиками
- обработку конических резьб
- накатку по DIN 82
- буквенно-цифровую маркировку
- выглаживание и формовку

Ширина обрабатываемого профиля ограничена шириной роликов и составляет максимально 39 мм.

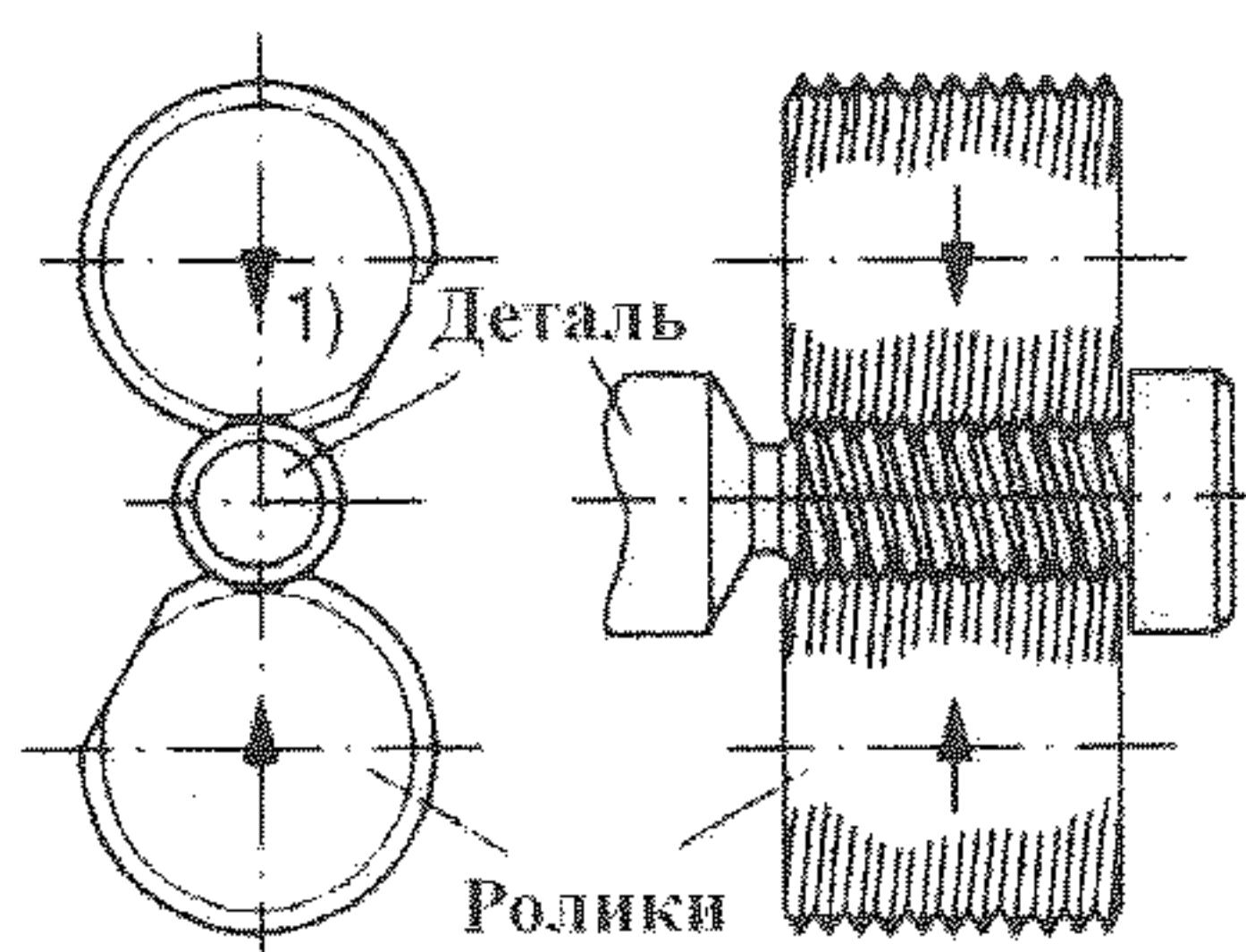
Рис. 70



Радиальные осевые головки выпускаются двух основных типов.

Радиальные накатные головки типа С (рис. 70 и 71, пример применения на рис. 83) оснащены двумя роликами, которые перемещаются спару-жи к центру заготовки перпендикулярно плоско-сти оси. Эти головки предназначены для приме-нения на всех видах станков (простых токарных станках, одно- и многошпиндельных станках-автоматах, револьверных станках, гидрокопи-ровальных станках, станках с ЧПУ, специаль-ных станках, автоматических линиях, резьбона-резных станках, сверлильных станках, специ-альных накатных станках). Устанавливаются на горизонтальную каретку, револьверную го-ловку или верхний суппорт. Подача осущест-вляется в радиальном направлении благодаря определенной геометрии роликов. работают при неподвижной головке и вращающейся де-тали. Диапазон диаметров до 36 мм, диапазон длин до 39 мм.

Рис. 71



Радиальные накатные головки типа Е (рис. 72 и 73, пример применения на рис. 82) форми-ру-

ют резьбу, перемещаясь по оси заготовки. Резьба накатывается за один оборот роли-ков. Предназначены для применения на всех видах станков (простых токарных стан-ках, одно- и многошпиндельных станках-автоматах, револьверных станках, гидроко-шировальных станках, станках с ЧПУ, специальных станках, автоматических линиях, резьбонарезных станках, сверлильных станках, специальных накатных станках).

Рис. 72

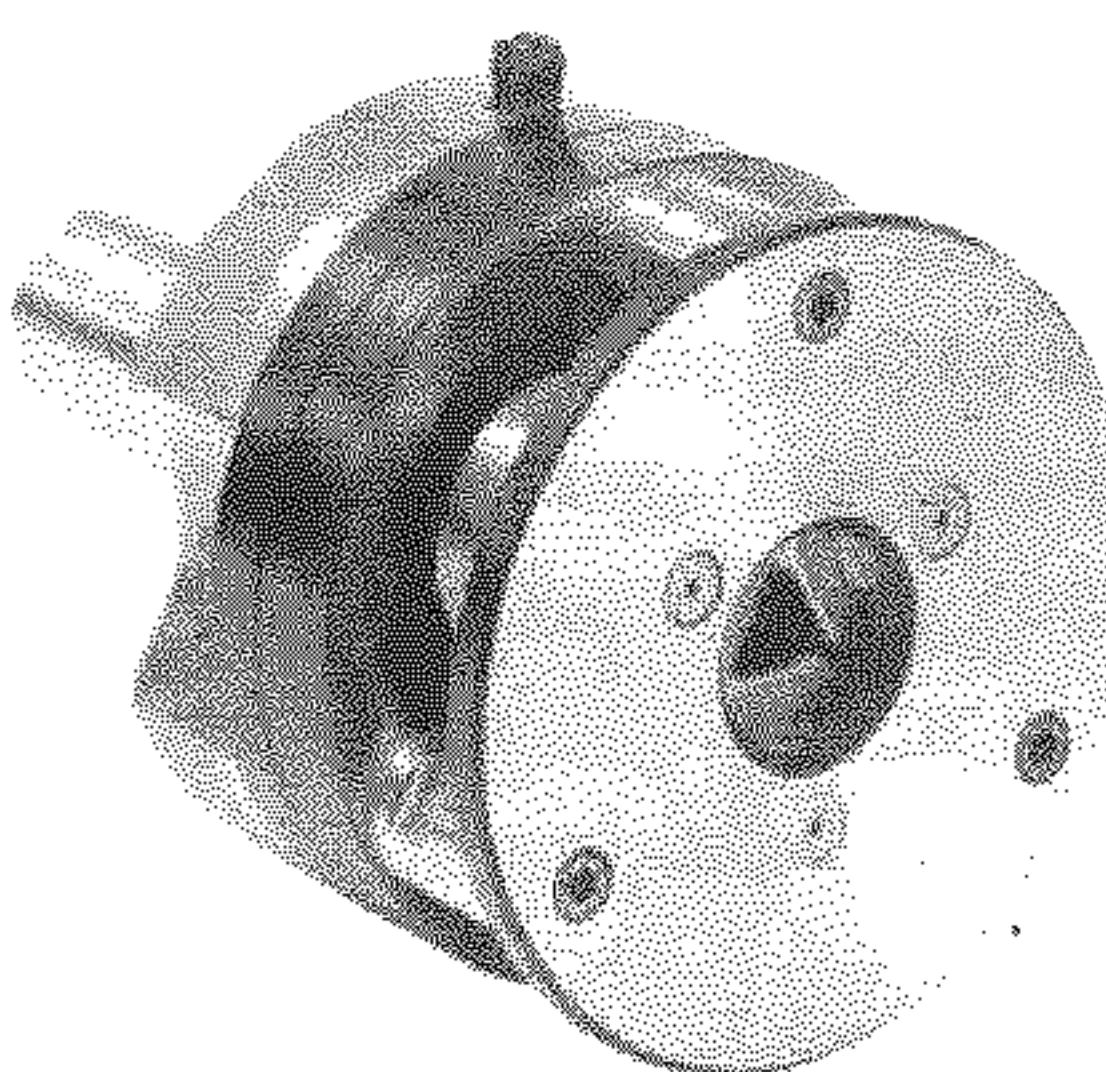
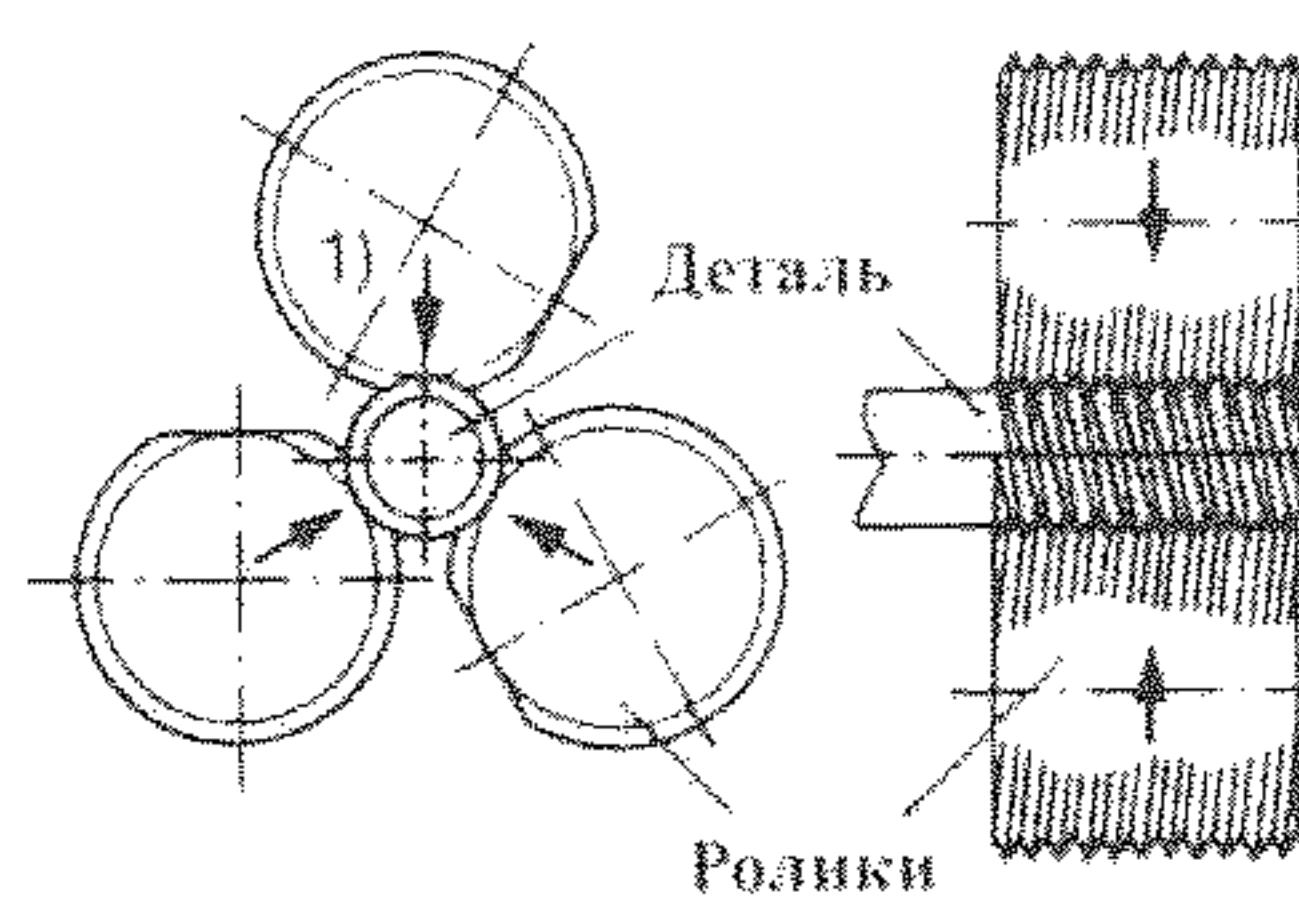


Рис. 73



Устанавливаются на го-ризонтальную каретку, револьверную головку, шпиндель или заднюю бабку. Подача осущес-твляется в радиальном направлении благодаря определенной геомет-рии роликов. работают

как при неподвижной головке и вращающейся детали, так и при вращающейся головке и неподвижной детали. Диапазон диаметров до 45 мм, диапазон длии до 39 мм.

Недавно появившиеся радиальные накатные головки типа EW (рис. 74) по всем параметрам соответствуют головкам типа Е, однако не имеют в конструкции рычага открытия/закрытия головки. Головка открывается, когда деталь доходит до регулируемого упора на торце головки за роликами. При этом обеспечивается минимальный сбег резьбы. Применение этих головок упрощает конструкцию станка и сокращает время и затраты на обработку.

Тангенциальные накатные головки оснащены двумя встречно расположеннымми роликами, перемещающимися к заготовке по углом 90 градусов к оси. Во время подачи на врезание в тангенциальном направлении формируется резьба. Процесс формирования заканчивается, когда оси роликов находятся на одной линии с осью детали. Для этого требуется, как правило, от 15 до 30 оборотов детали. Тангенциальные и радиальные головки типа С работают примерно одинаково, но тангенциальные более медленные. В то же время, для них не требуется механизм открытия-закрытия головки. Тангенциальные накатные головки пригодны для использования на большинстве типов станков, включая токарные станки с ЧПУ. Для работы этих головок требуется соответственно дополнительное движение подачи (для станков без ЧПУ управляемое специальным кулачком). Основным преимуществом этих головок является возможность бокового врезания в деталь с последующим накатыванием. Для работы головки деталь должна вращаться, а головка быть смонтирована жестко на станке. С помощью тангенциальных накатных головок можно проводить:

- обработку резьбы за буртиками
- обработку очень коротких резьб
- обработку резьб на маленьком вылете
- обработку конических резьб
- накатку по DIN 82
- буквенно-цифровую маркировку
- выглаживание и формовку

Ширина обрабатываемого профиля ограничена шириной роликов и составляет максимально 40 мм.

Тангенциальные накатные головки типа Т (рис. 75 и 76, примеры применения на рис. 84 и 85) предназначены для применения на всех видах станков (простых то-

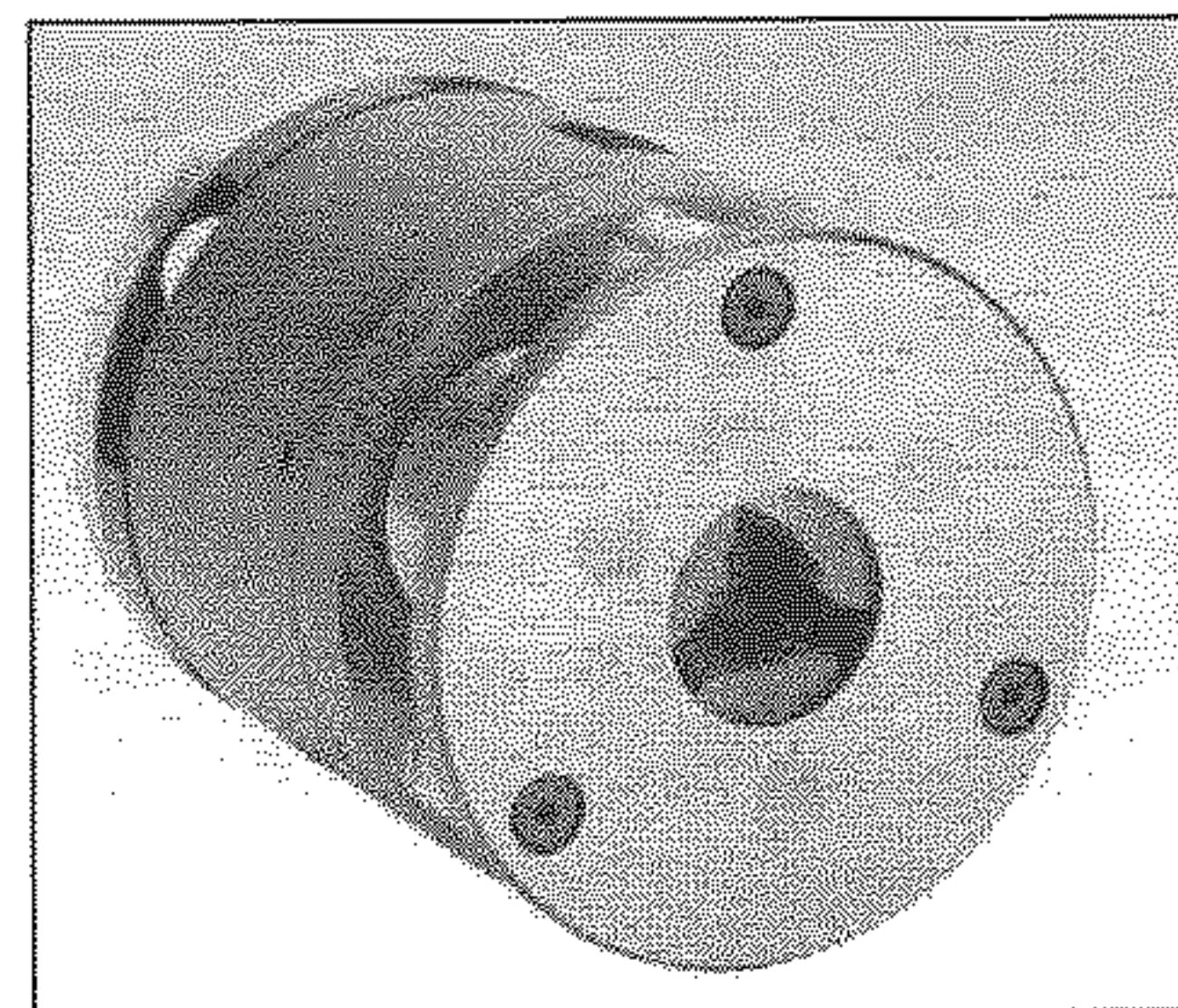


Рис. 74

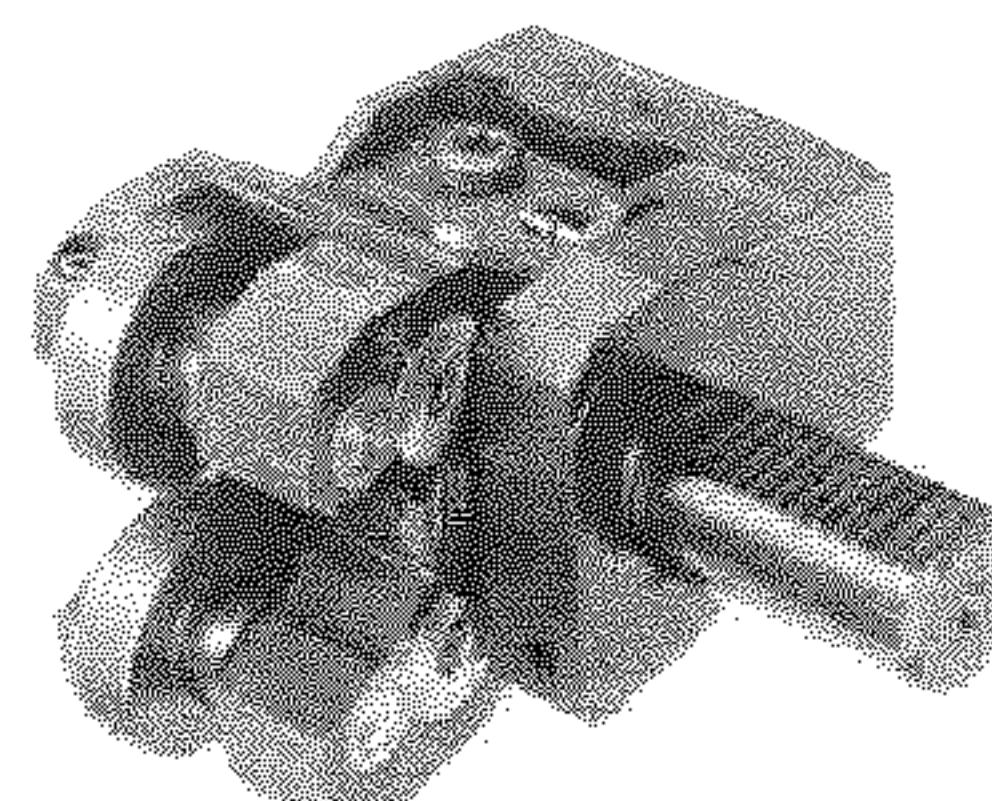
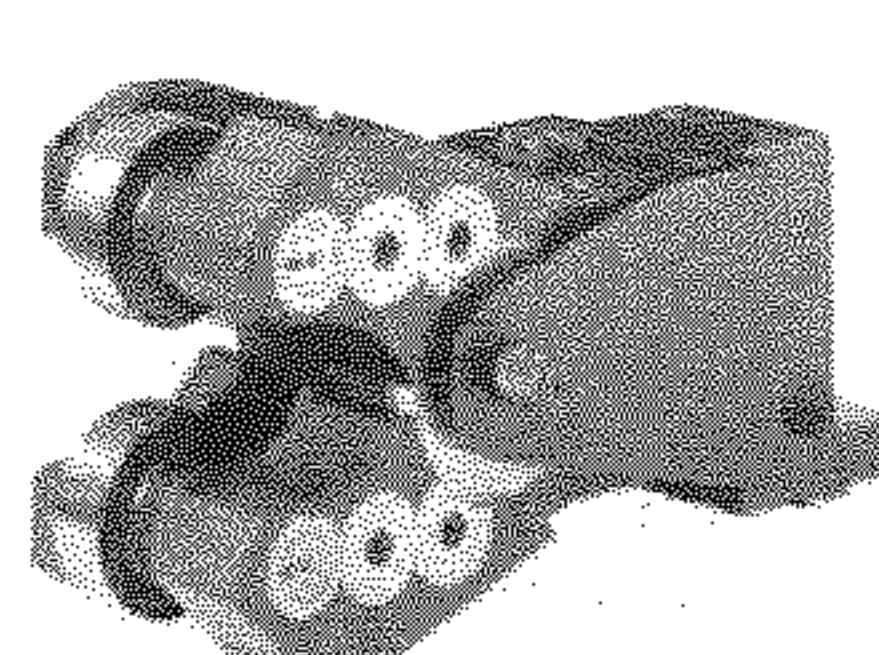
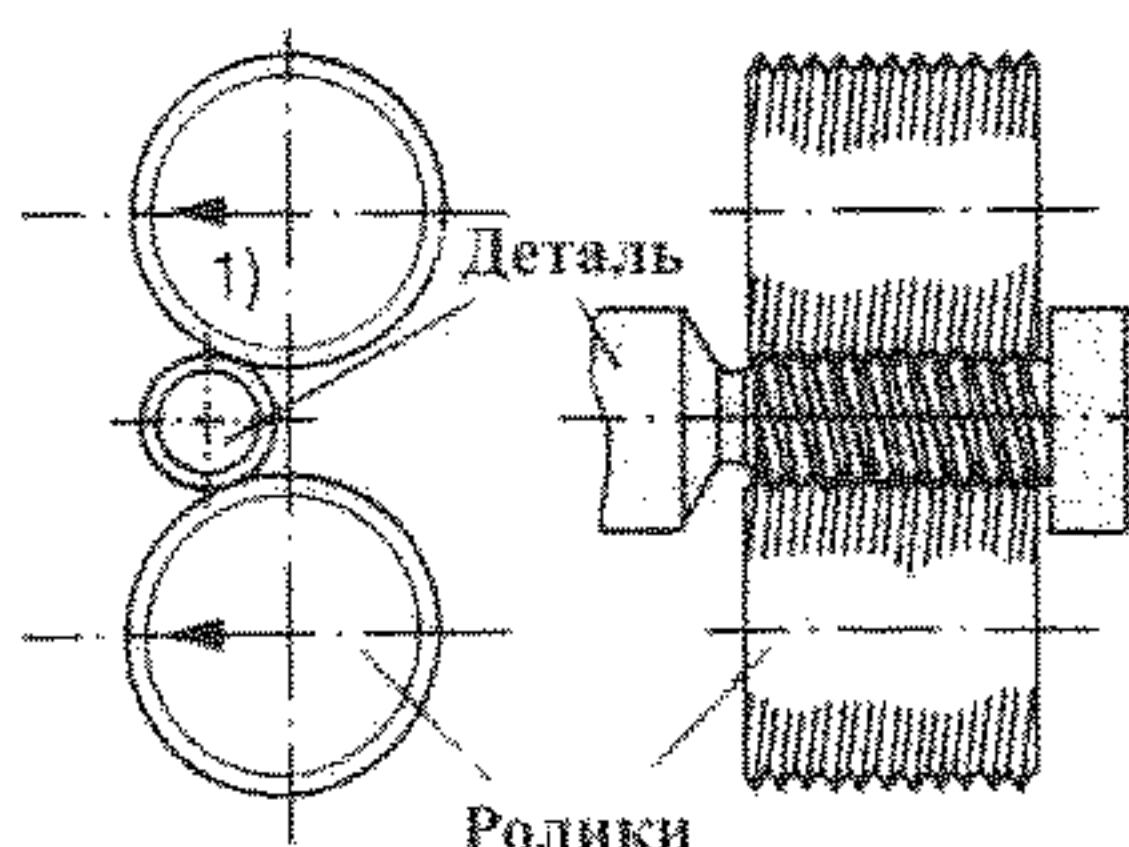


Рис. 75

Рис. 76

карных станках, одно- и многошпиндельных станках-автоматах, револьверных станках, гидрокопировальных станках, станках с ЧПУ, специальных станках, автоматических линиях, резьбонарезных станках, сверлильных станках, специальных накатных станках). Устанавливаются на поперечный суппорт или револьверную головку (для станков с ЧПУ). Подача осуществляется в радиальном направлении от ЧПУ или кулачкового механизма. работают при неподвижной головке и врачающейся детали. Диапазон диаметров до 64 мм, диапазон длин до 40 мм.

С помощью накатных головок могут обрабатываться практически все типы существующих резьб. Угол профиля не должен быть меньше 10 градусов. В рамках этих условий можно также обрабатывать специальные резьбы. Накатываемые диаметры лежат в диапазоне от 1,4 мм до 230 мм. Кроме того, допуская, что концентрические канавки являются резьбой с бесконечно большим углом подъема, приходим к выводу о возможности накатывания рифлений, дорожек и подобных элементов конструкции. При этом не имеет значения, является ли накатка прямой, винтовой правой или левой или двойной. Поверхности цилиндрических деталей могут быть накатаны накатными роликами, а концы труб могут быть обсажены профильными роликами. На цилиндрических деталях также можно с помощью накатки наносить маркировку с использованием любых символов.

Процесс накатывания не накладывает ограничений на размеры и форму заготовки. естественно, при этом деталь должна быть корректно установлена и зажата и накатная головка должна находиться в определенном исходном положении. Во многих случаях можно выбрать между неподвижной головкой и вращающейся деталью или неподвижной деталью и вращающейся головкой. На прутковых станках можно также накатывать резьбы за буртиками (например, на штуцерах) перед отрезкой детали от прутка. если станок оснащен устройством непрерывной подачи прутка, то можно накатывать резьбы неограниченной длины. Во многих случаях возможно накатывание резьбы на трубах. При накатывании тонкостенных труб применяются внутренние оправки. Остаточная толщина стенки между основным и внутренним диаметром резьбы должна быть не менее 0,5 мм плюс половина высоты профиля резьбы. На рис. 77 показаны некоторые детали, обработанные накатными головками.

Накатывание резьбы может осуществляться на любом виде оборудования, обеспечивающем взаимное вращение обрабатываемой детали и накатной головки относительно

Рис. 77



друг друга. Основными видами оборудования, на котором применяется накатывание, являются токарные станки, сверлильные стаки и токарные автоматы, включая станки с ЧПУ. Применение станков с ЧПУ для накатывания резьбы повышает эффектив-

ность и экономичность обработки. Накатные головки существенно сокращают дорогое машинное время станков с ЧПУ, так как резьба в этом случае обрабатывается за один проход за несколько секунд, в то время как нарезание резьбы резцом требует многопроходного цикла. Очень высокая стойкость роликов по сравнению с резьбовым резцом обеспечивает сокращение расходов на персонал благодаря уменьшению времени на наладку станка. Головки оснащаются хвостовиками для токарных станков (присоединение VDI) или специальными хвостовиками под конкретный станок.

При обработке накатными головками мощность резания соответствует мощности обычных станков. При использовании осевых головок резьба накатывается последовательно вдоль оси детали. При этом потребляемая мощность не зависит от длины обрабатываемой детали. При применении радиальных головок резьба формируется за один оборот роликов. При этом возникает пиковый крутящий момент, поэтому в любом случае рекомендуется рассчитывать мощность и момент перед обработкой. Кроме того, необходимо надежное крепление детали. При обработке тангенциальными головками резьба формируется за 15-30 оборотов роликов. В этом случае мощность шпинделя не является критическим фактором. Основная нагрузка приходится на привод поперечного суппорта (или каретки). Для станков с кулачковым управлением это также не представляет проблемы. Для станков с гидравлическим или электрическим управлением требуется предварительно рассчитывать тангенциальное усилие, чтобы убедиться, что привод подачи обеспечивает это усилие. Соответствующие формулы для расчетов приводятся в документации на накатные головки.

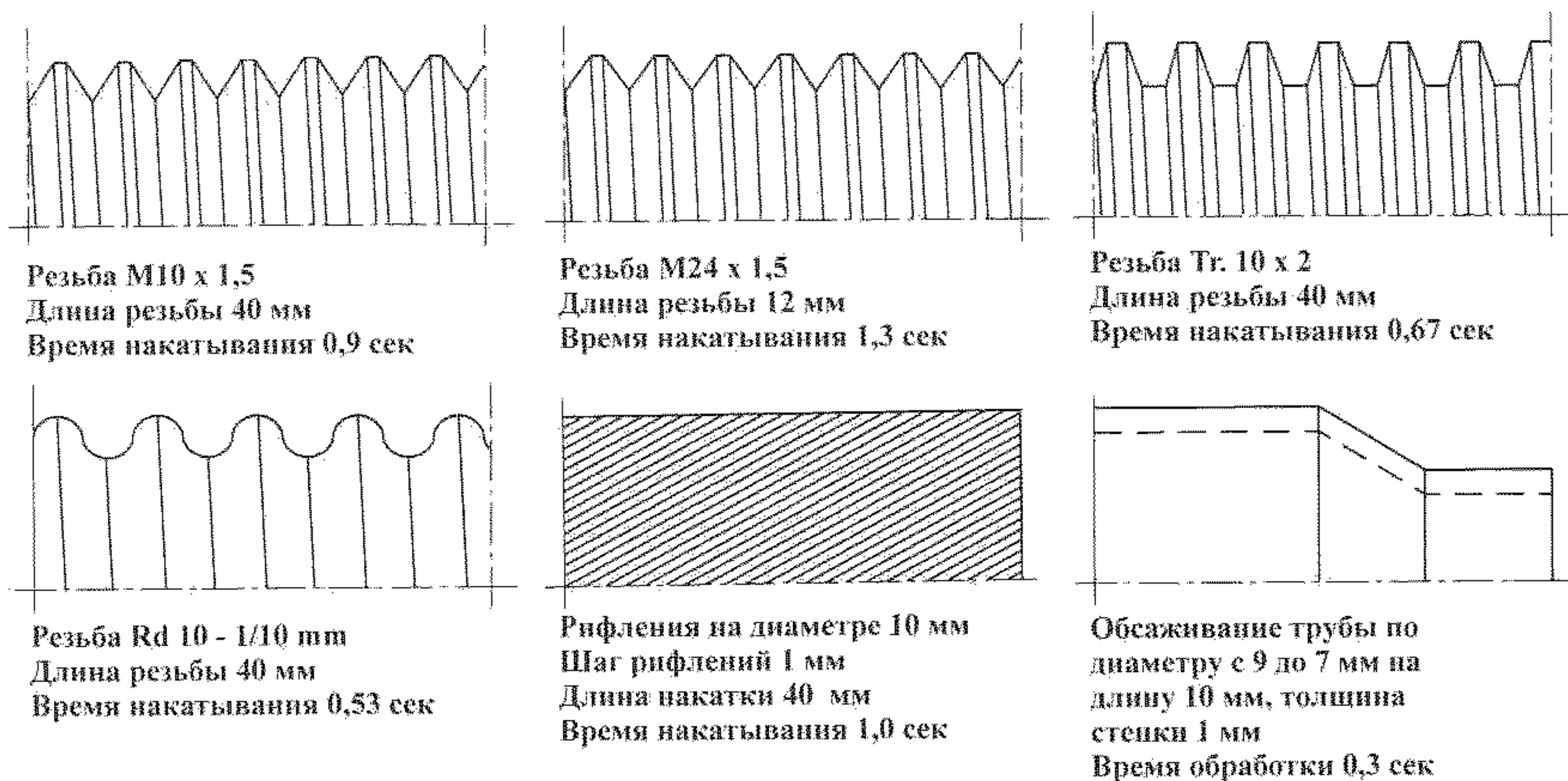
Основным критерием для выбора метода накатывания и типа головки является обрабатываемый профиль, тип и форма обрабатываемой детали, длина обрабатываемой резьбы и тип станка, на котором обрабатывается деталь. Сводная таблица применимости различных типов головок приведена на странице 42.

Необходимо всегда иметь в виду, что при холодной обработке малое цикловое время не только преимущество, но скорее условие процесса. Поскольку необходимо обеспечить "текучесть" материала, поэтому большие скорости резания предпочтительнее, чем малые. Скорости обработки треугольных резьб выше, чем скорости обработки трапециoidalных резьб, поскольку в последнем случае необходимо перемещать больше материала. С другой стороны, накатывание материалов с более высоким коэффициентом удлинения может осуществляться на более высокой скорости, чем для материалов с более низким коэффициентом удлинения. Более прочные материалы требуют меньших скоростей обработки. Для разных видов резьбонакатных головок существуют различные зависимости между скоростью, диаметром резьбы, подачей, скоростью вращения роликов и временем обработки. Подробная информация приведена в каталогах на отдельные типы головок. В общем случае, можно рекомендовать следующие примерные скорости обработки. Для осевых головок 20-60 м/мин (возможно до 90 м/мин), при этом на время обработки влияют диаметр заготовки, скорость вращения, шаг резьбы и длина резьбы. Для радиальных головок рекомендуется скорость 20-60 м/мин, время обработки очень мало, так как накатывание осуществляется за один оборот роликов. Для тангенциальных головок скорость 20-80 м/мин, требуется дополнительный управляемый привод подачи головки, время обработки больше, так как требуется от

15 до 30 оборотов заготовки на операцию накатывания и от 5 до 7 оборотов заготовки на ускоренный отвод головки. Некоторые цикловые времена для операций накатывания резьбы приведены на рисунке 78.

Как уже отмечалось, при накатывании заготовка должна иметь диаметр, равный среднему диаметру резьбы. Экономически оправданно для уменьшения диаметра пруткового материала независимо от типа заготовки (горячекатанная, тянутая,

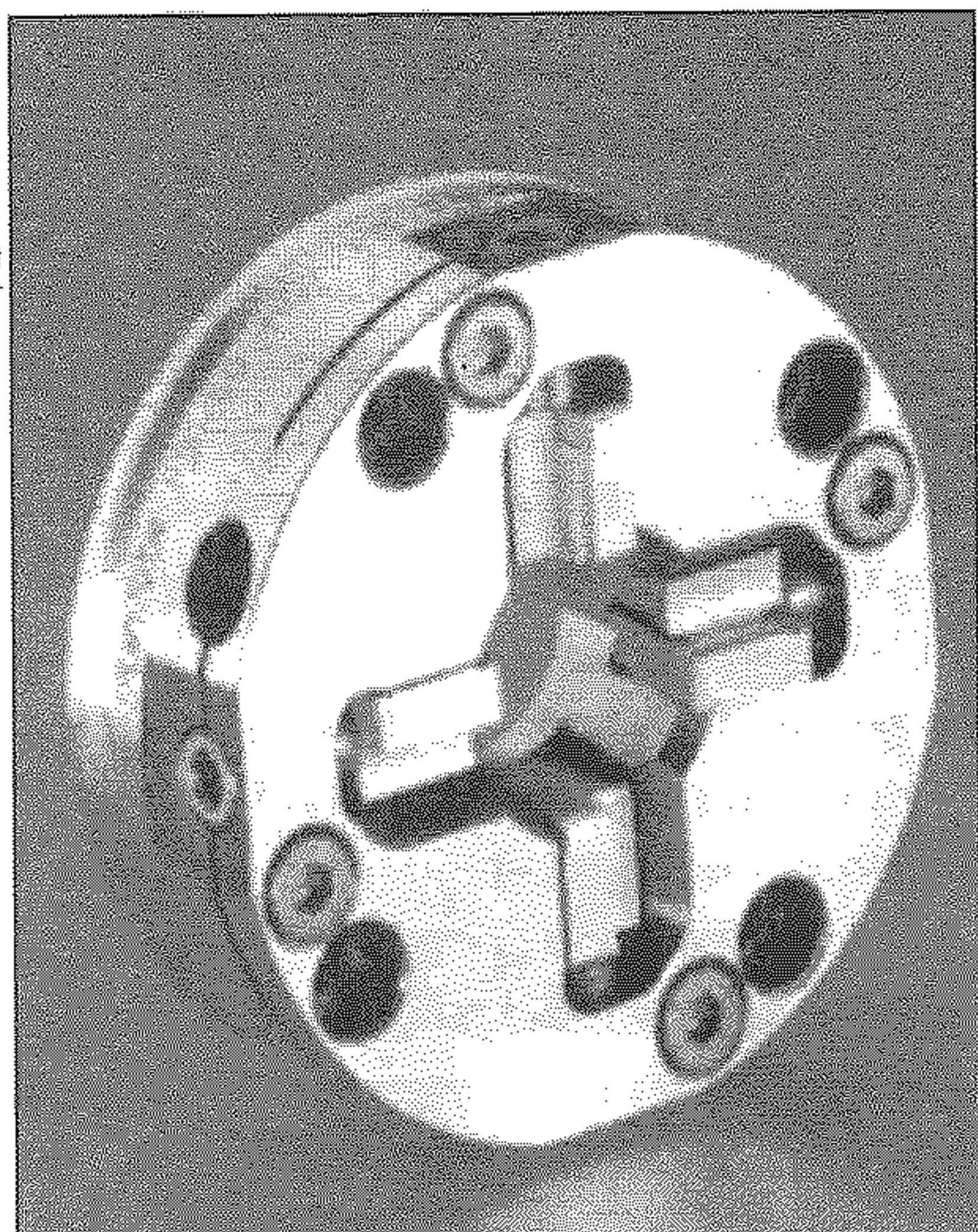
Рис. 78



кованная или фрезерованная) использовать токарные головки для тяжелого резания (рис. 79 и 87), по своим принципам работы напоминающие фрезерный инструмент. Эти головки работают на очень больших скоростях резания и подачах и обеспечивают высокую точность получаемой заготовки при отличном качестве поверхности.

Простота конструкции гарантирует высокую надежность и стойкость. С помощью этих головок можно протачивать концы прутков на длину до 6 диаметров. Токарные головки могут использоваться как неподвижно, так и во вращающемся исполнении. Компактная конструкция позволяет использовать эти головки на различных типах станков, включая станки с ЧПУ, токарные автоматы, револьверные станки, сверлильные, резьбонарезные и специальные станки. Примеры применения такой головки приведены на рис. 86 и 87.

Рис. 79



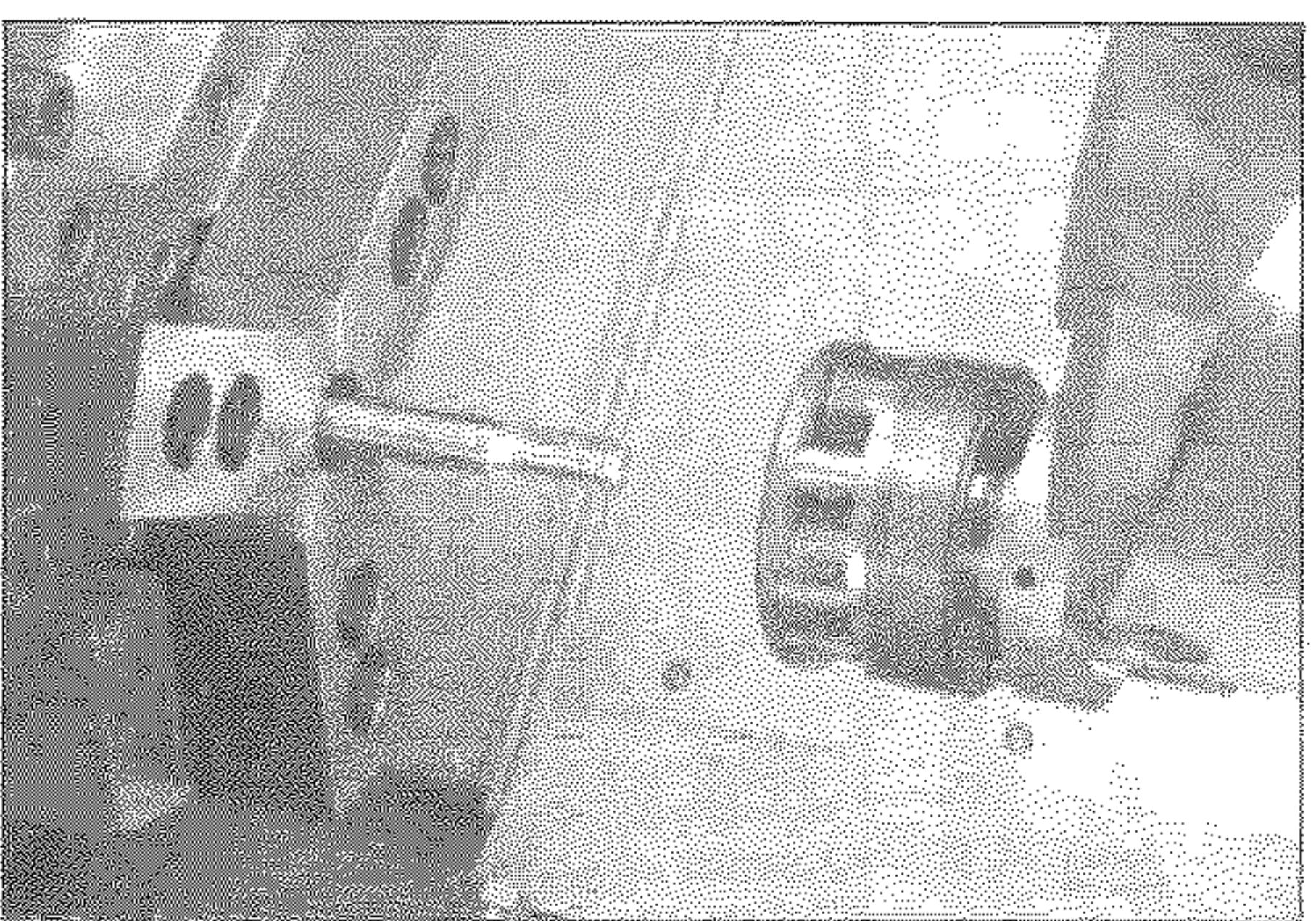


Рис. 80

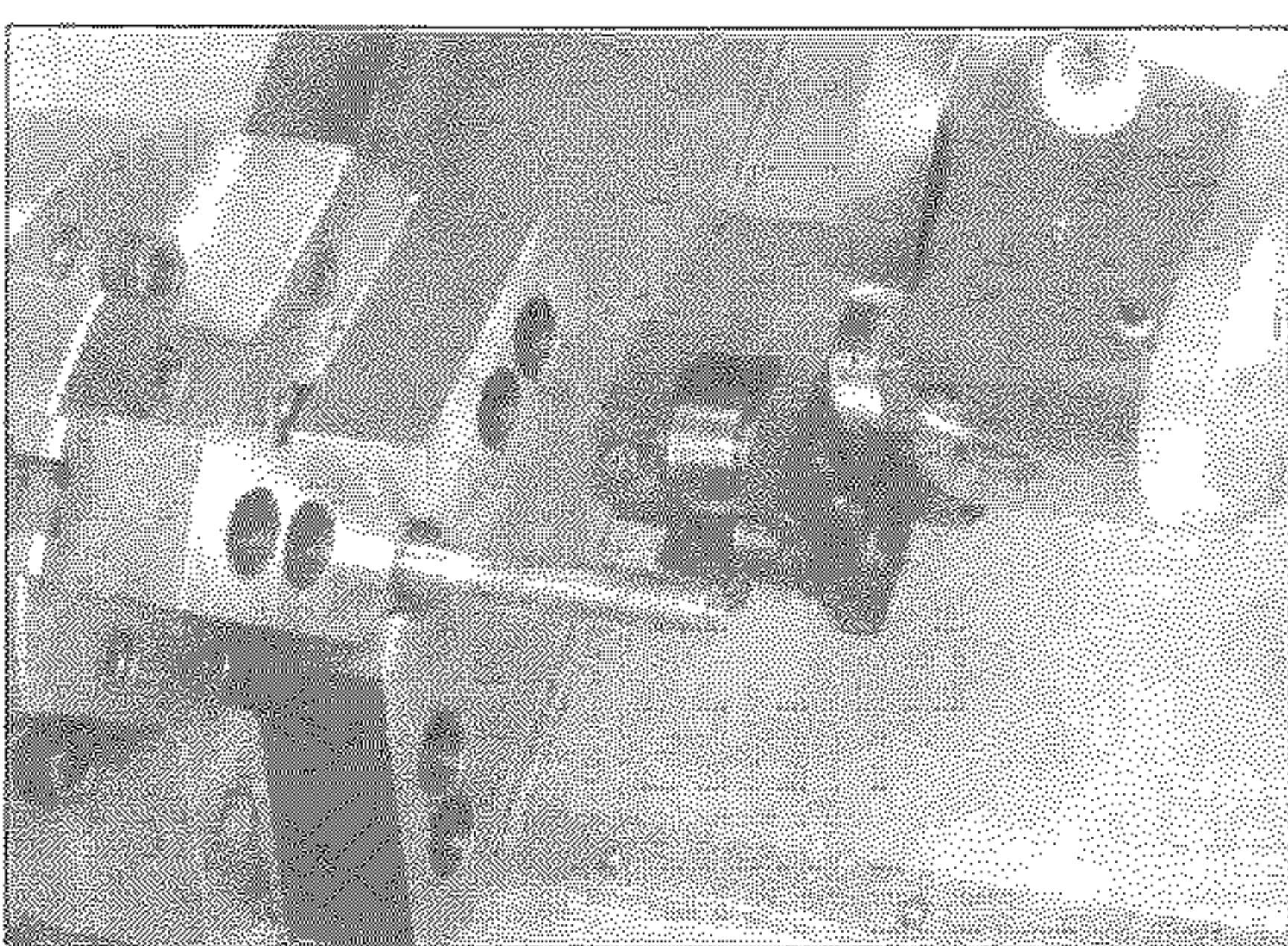


Рис. 81

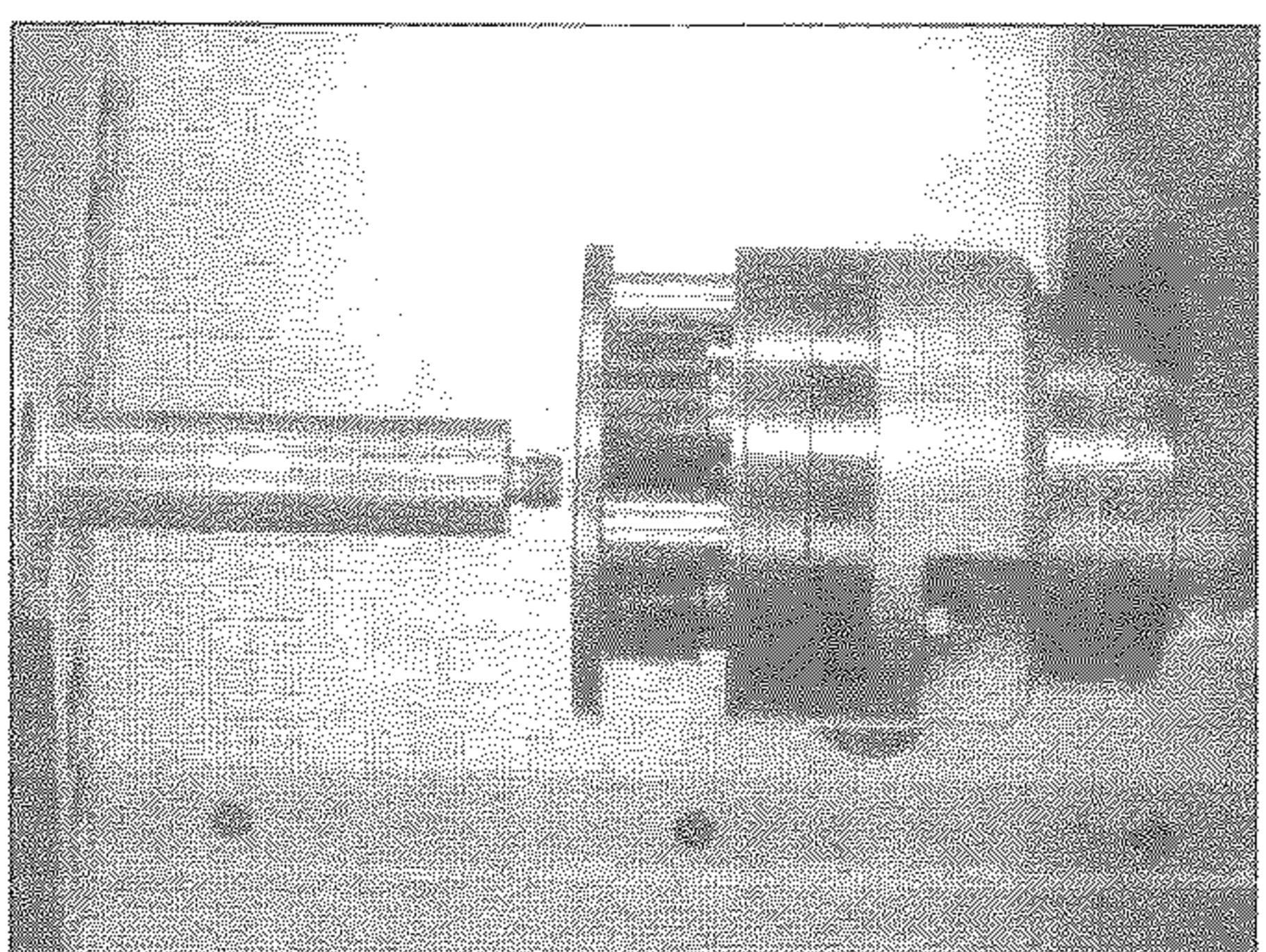


Рис. 82



Рис. 83

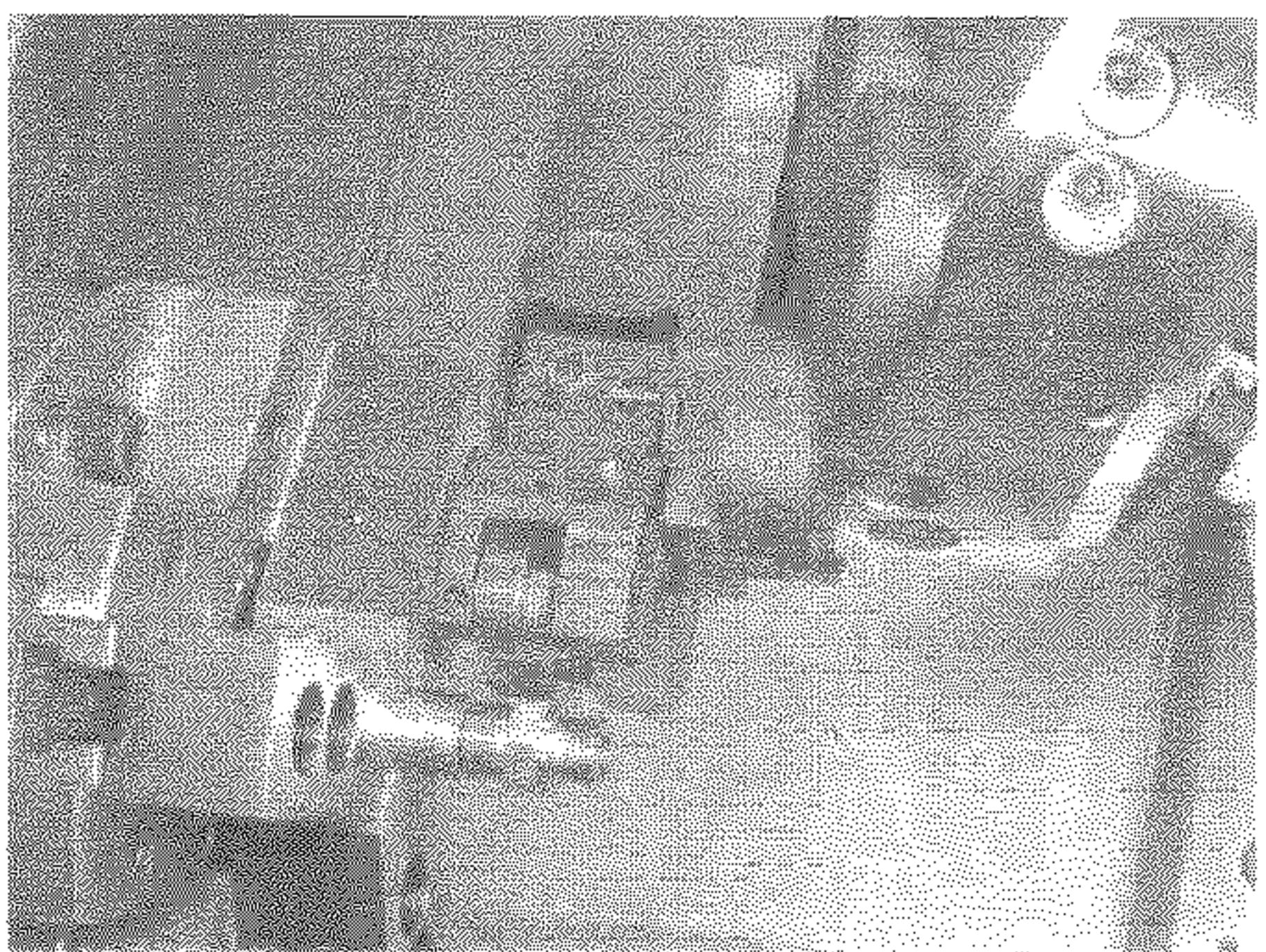


Рис. 84

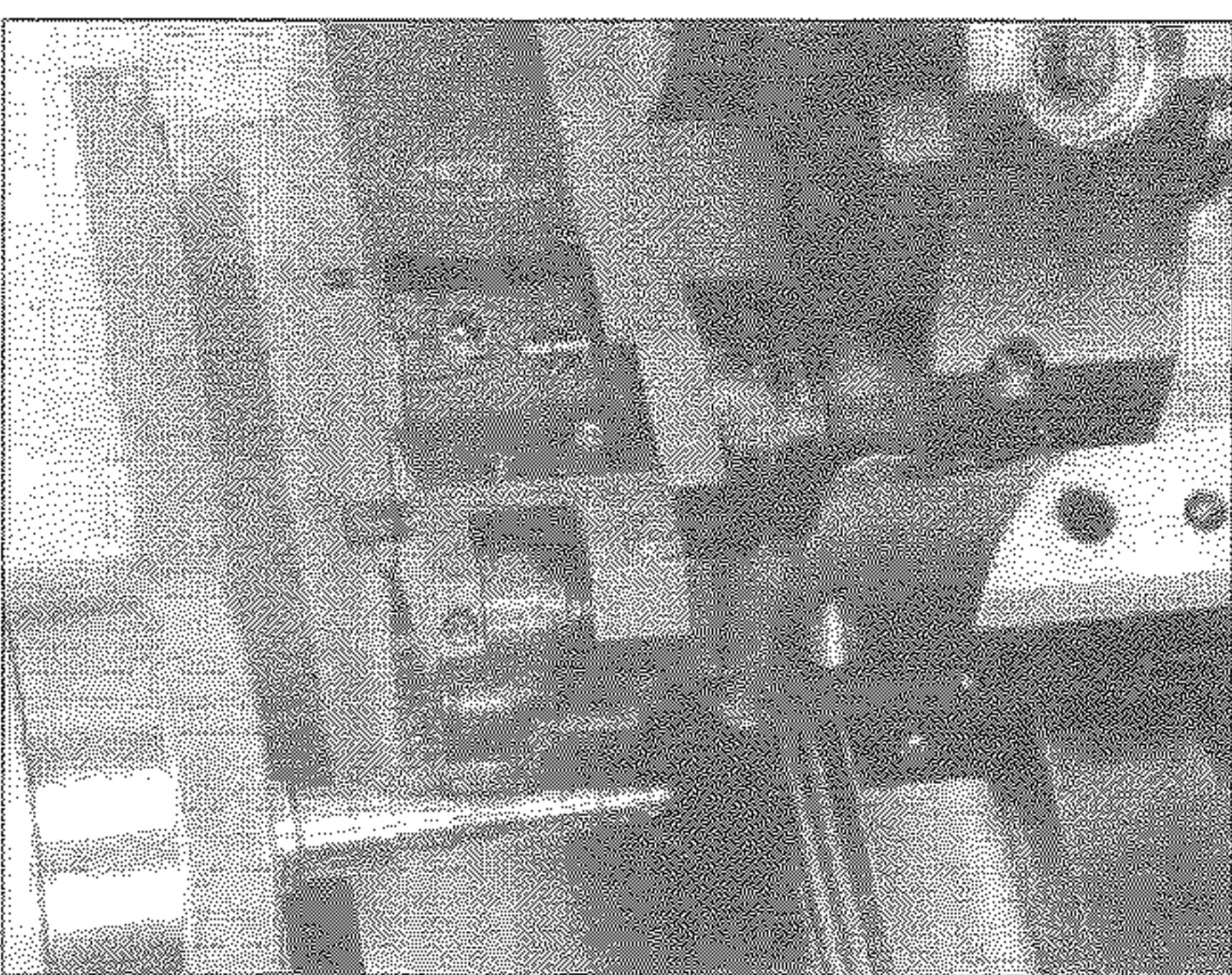


Рис. 85

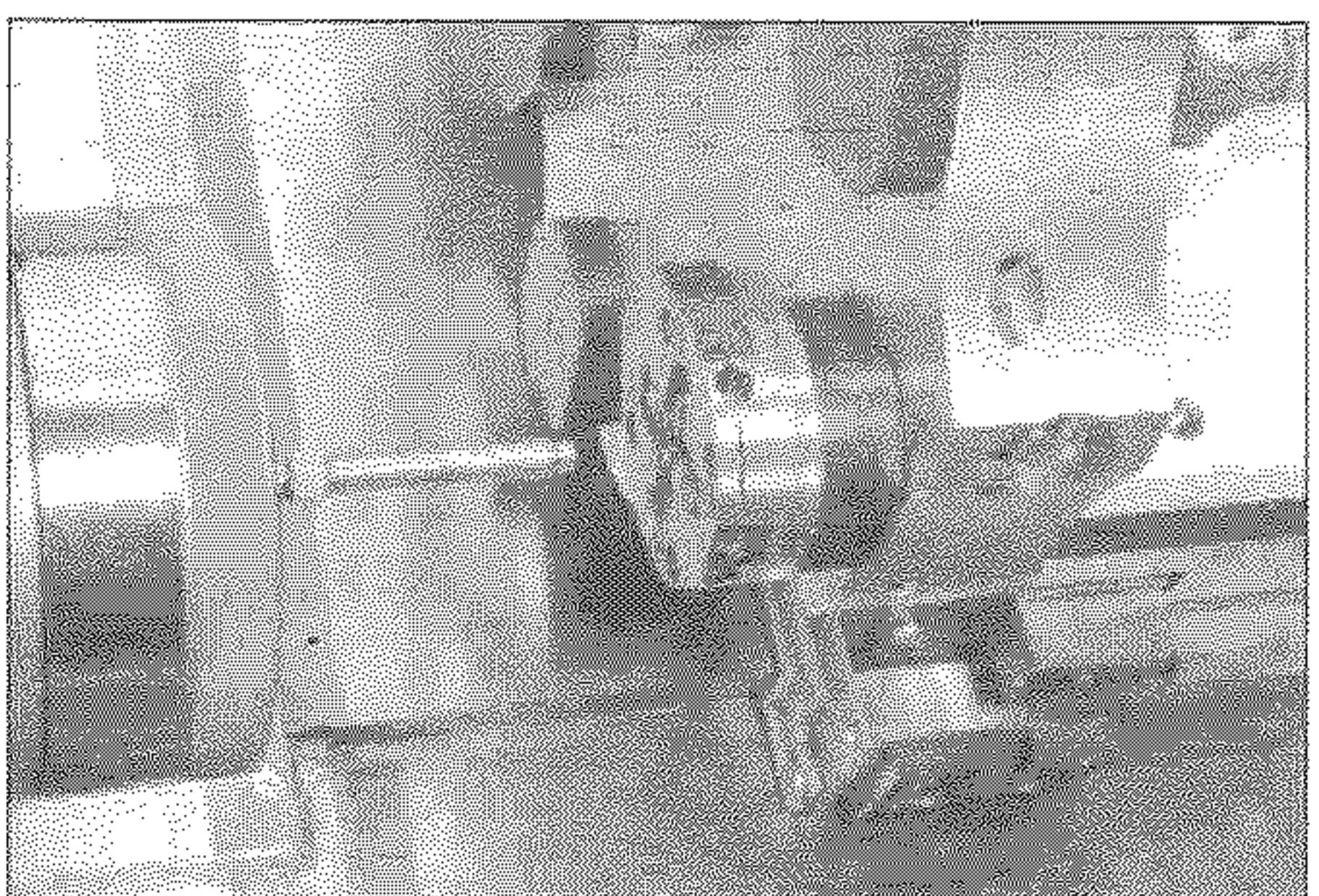


Рис. 86

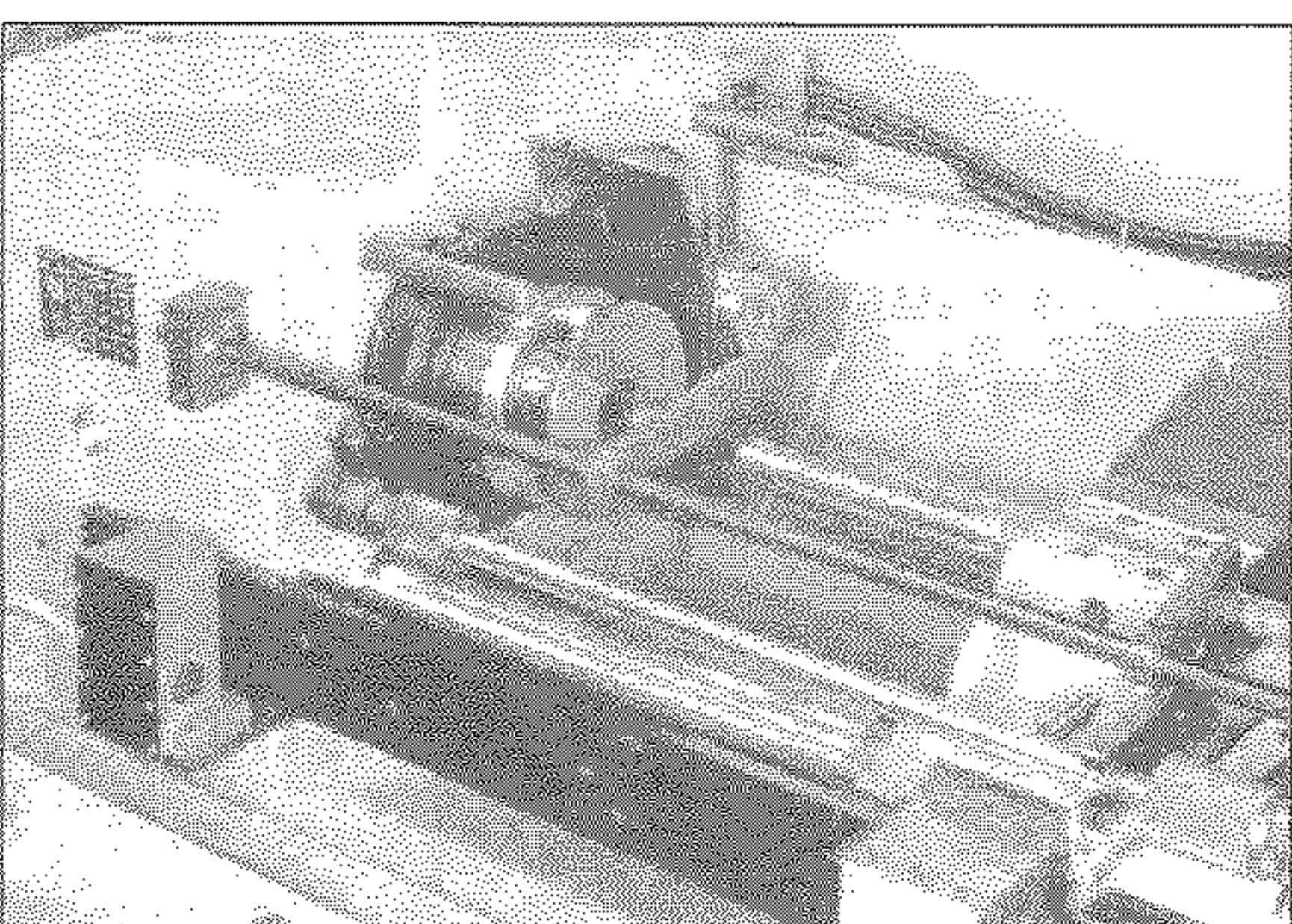
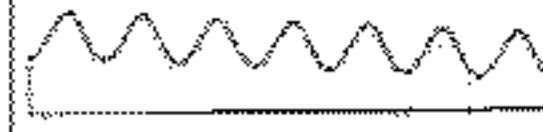
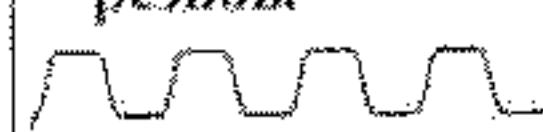
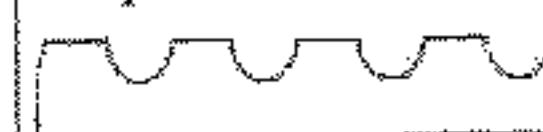
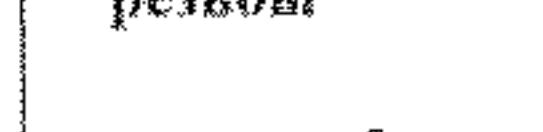
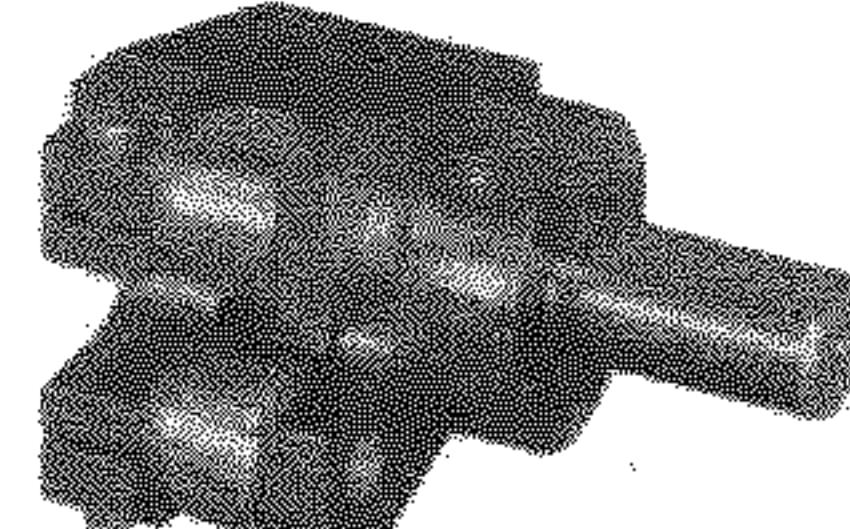
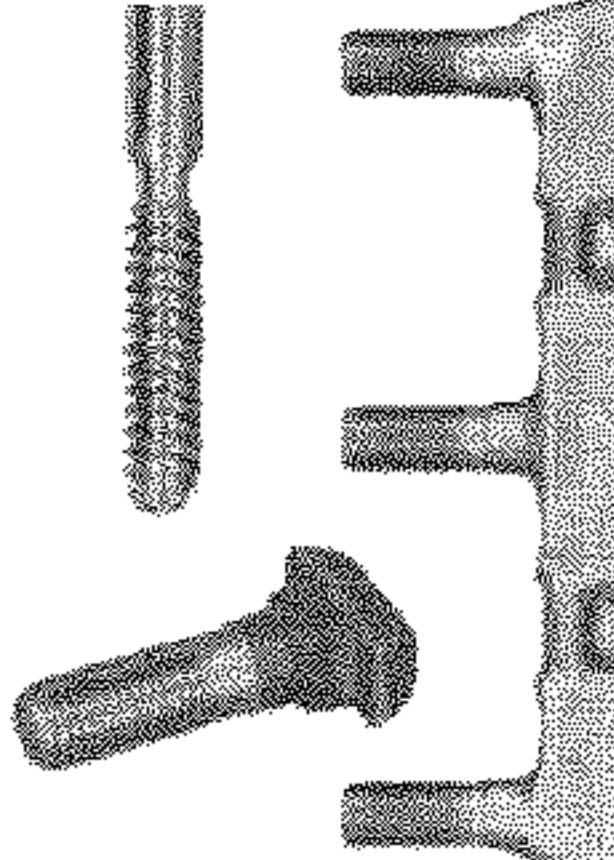
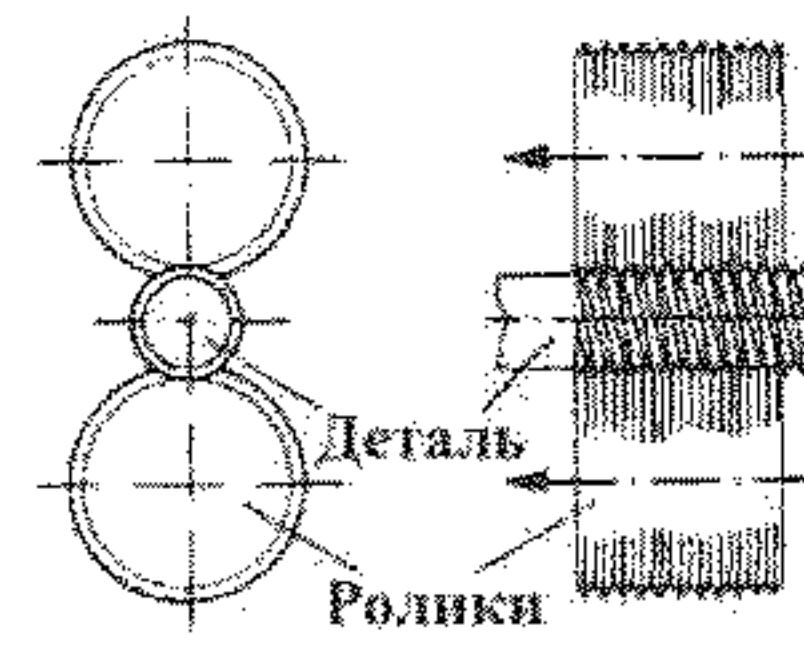
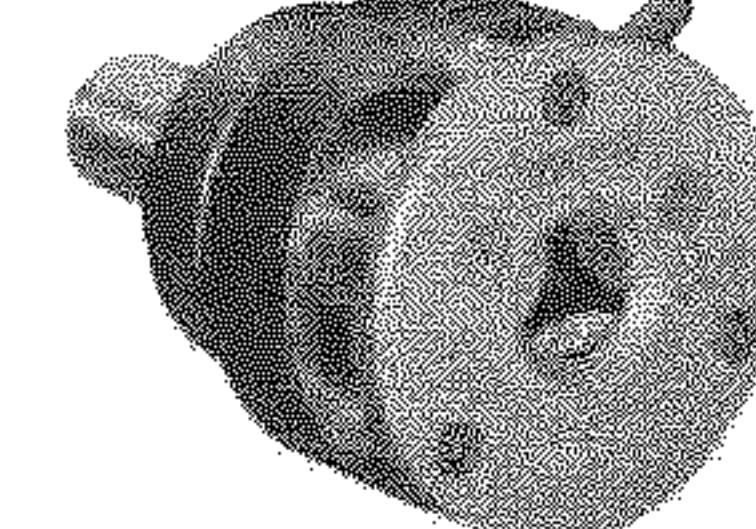
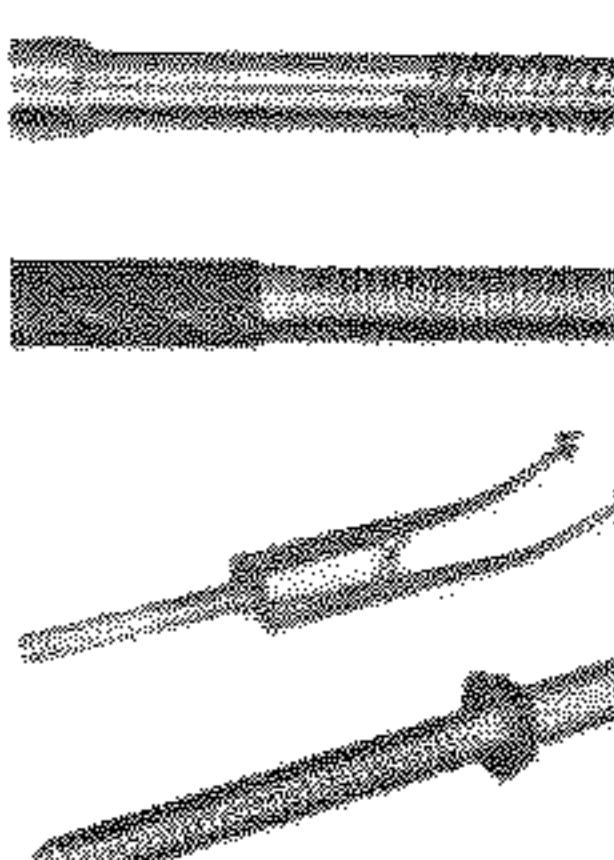
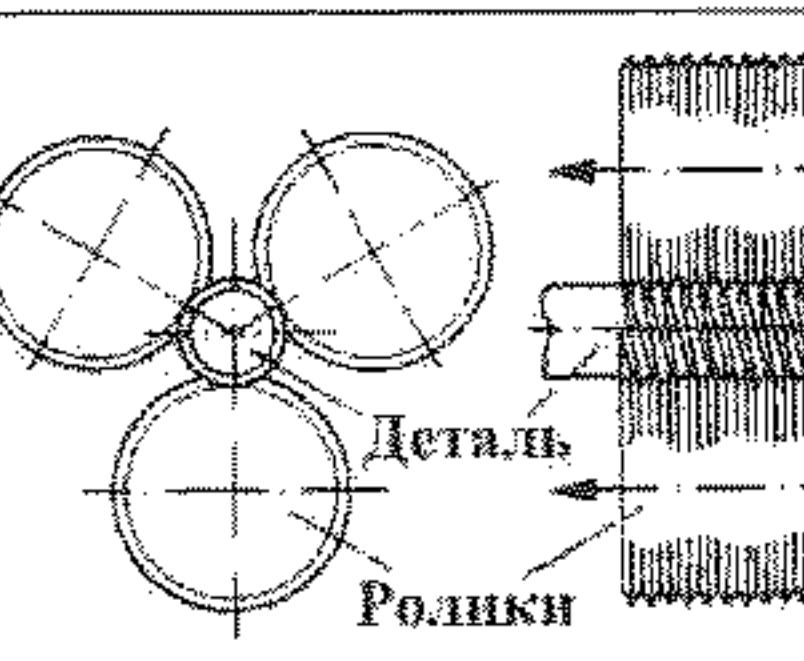
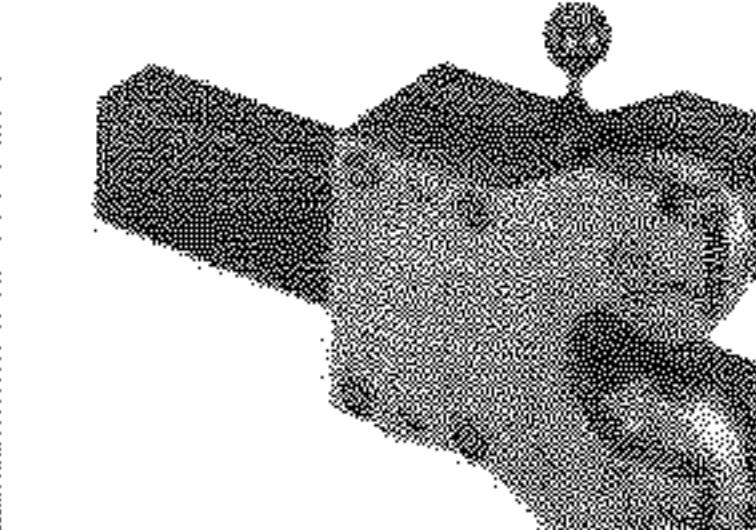
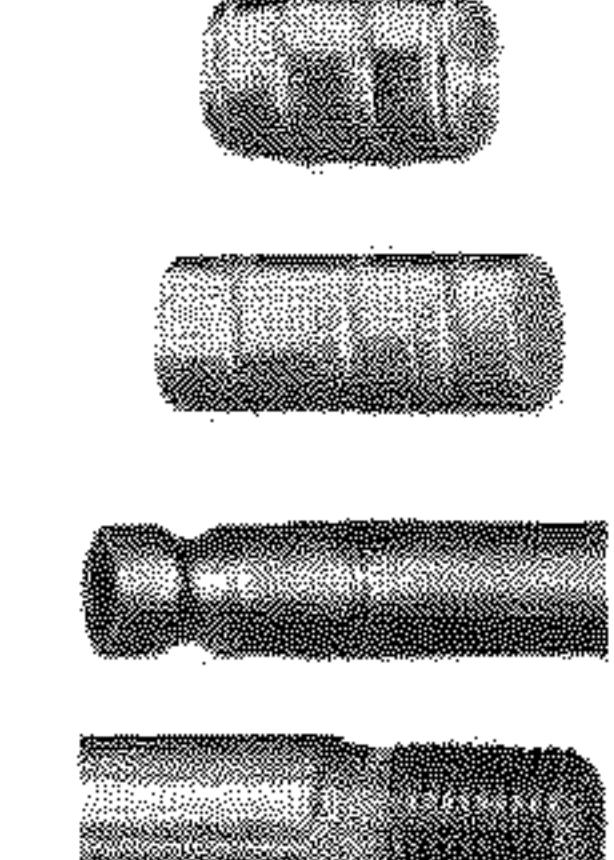
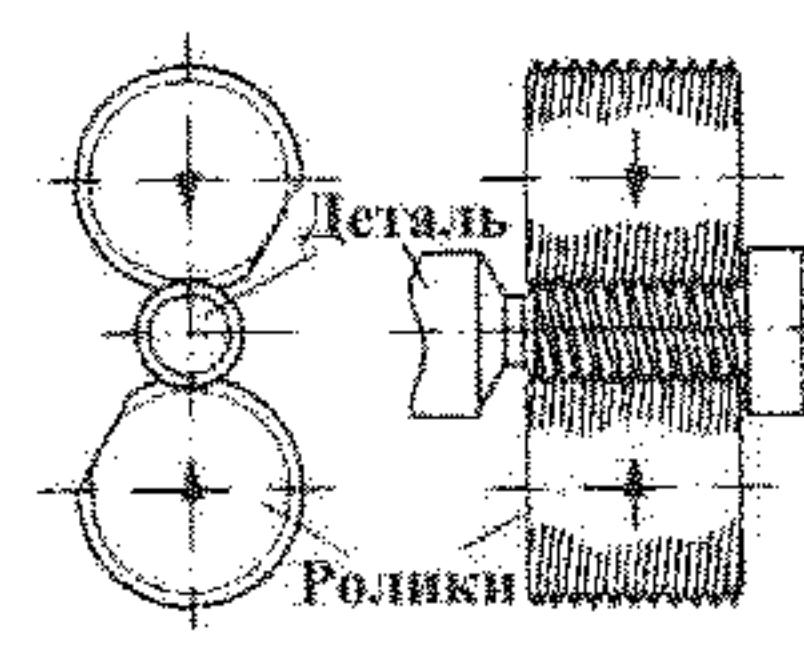
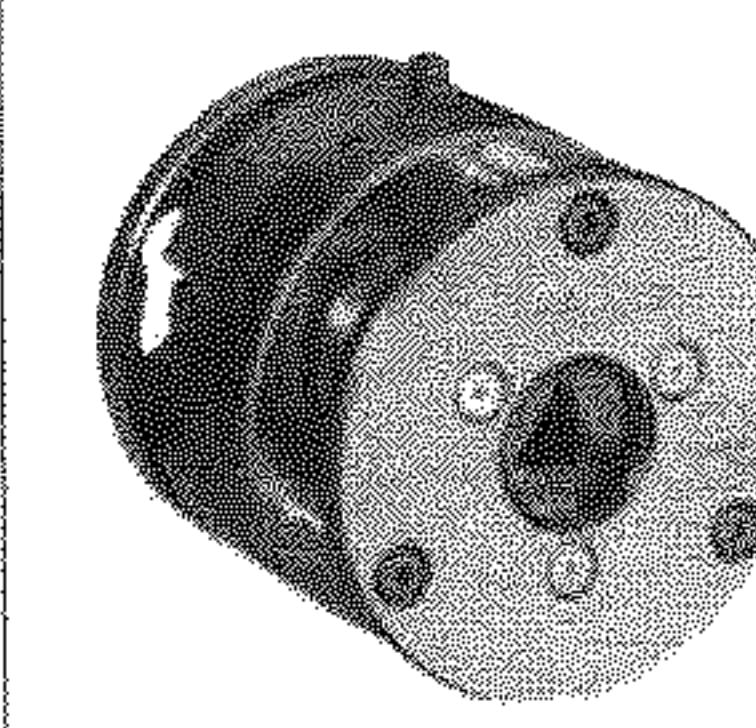
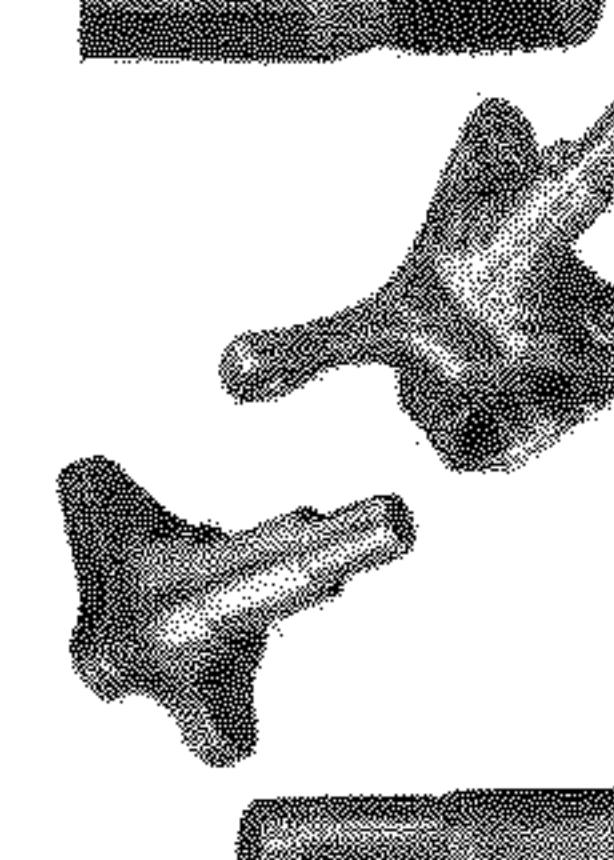
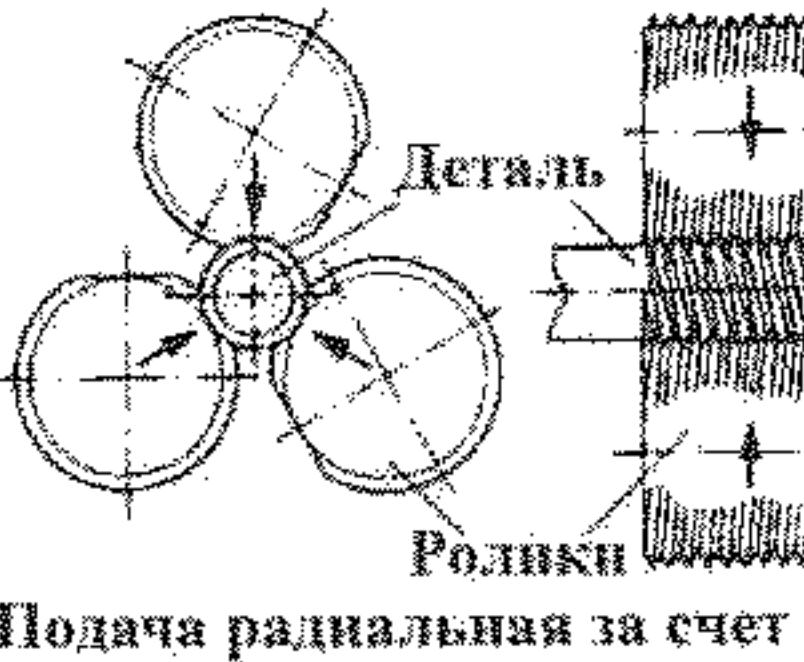
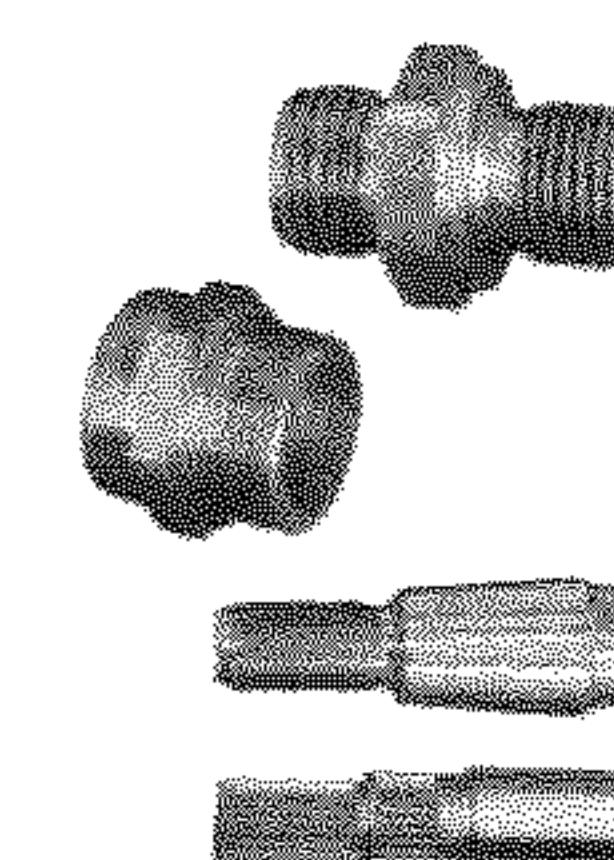
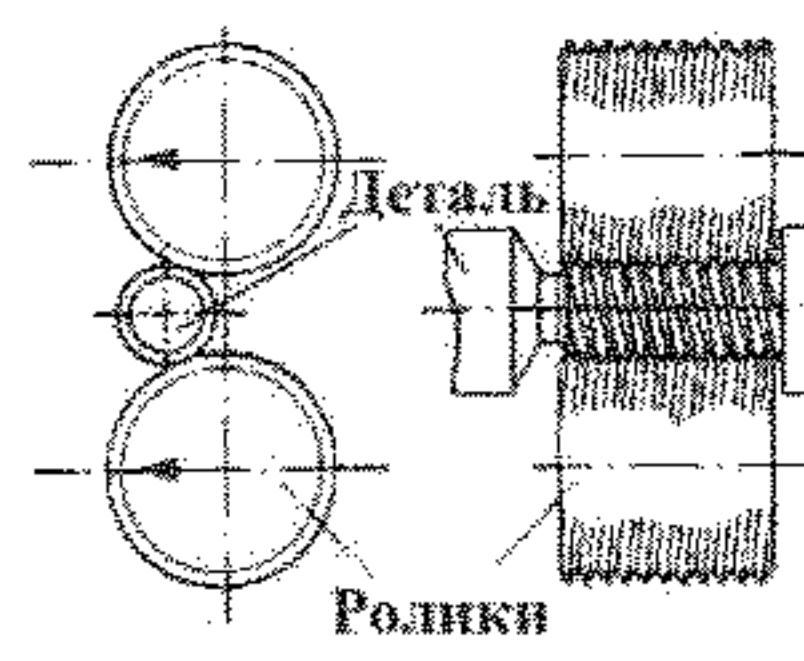


Рис. 87

Накатываемые профили	Накатные головки	Накатываемые профили	Типовые детали	Принцип действия	Число роликов
 ① Треугольные резьбы  ② Треугольные конические резьбы  ③ Трапецидальные резьбы  ④ Круглые резьбы  ⑤ Полукруглые резьбы  ⑥ Резьбы Батресс  ⑦ Шурупные резьбы  ⑧ Мелкошлифовочные профили  Кроме того ⑨ Прямая насечка ⑩ Кольцевые профили без шага ⑪ Уменьшение диаметра труб ⑫ Обжатие труб ⑬ Выглаживание поверхностей ⑭ Специальные профили ⑮ Буквенно-цифровая маркировка	<b>Оевые головки</b> Тип АС 	① ⑩ ④ ⑪ ⑤ ⑫ ⑦ ⑬ ⑨ ⑭		 Подача вдоль оси (показана стрелками) Головка неподвижна Деталь вращается	2
	Типы F, FU, F-RN, K 	① ⑦ ② ⑧ ③ ⑨ ④ ⑫ ⑤ ⑬ ⑥ ⑭		 Подача вдоль оси (показана стрелками) 1. Головка вращается, деталь неподвижна 2. Головка неподвижна, деталь вращается	3 (2-6)
	<b>Радиальные головки</b> Тип С 	① ⑩ ② ⑬ ⑤ ⑭ ⑨ ⑮		 Подача радиальная за счет особой геометрии роликов Головка неподвижна, деталь вращается	2
	Тип Е 	① ⑩ ② ⑪ ⑤ ⑬ ⑥ ⑭ ⑨ ⑮		 Подача радиальная за счет особой геометрии роликов 1. Головка вращается, деталь неподвижна 2. Головка неподвижна, деталь вращается	3 (2)
	<b>Тангенциальные головки</b> Тип Т 	① ⑪ ② ⑬ ⑨ ⑭ ⑩		 Подача тангенциальная (показана стрелками) Головка неподвижна, деталь вращается	2

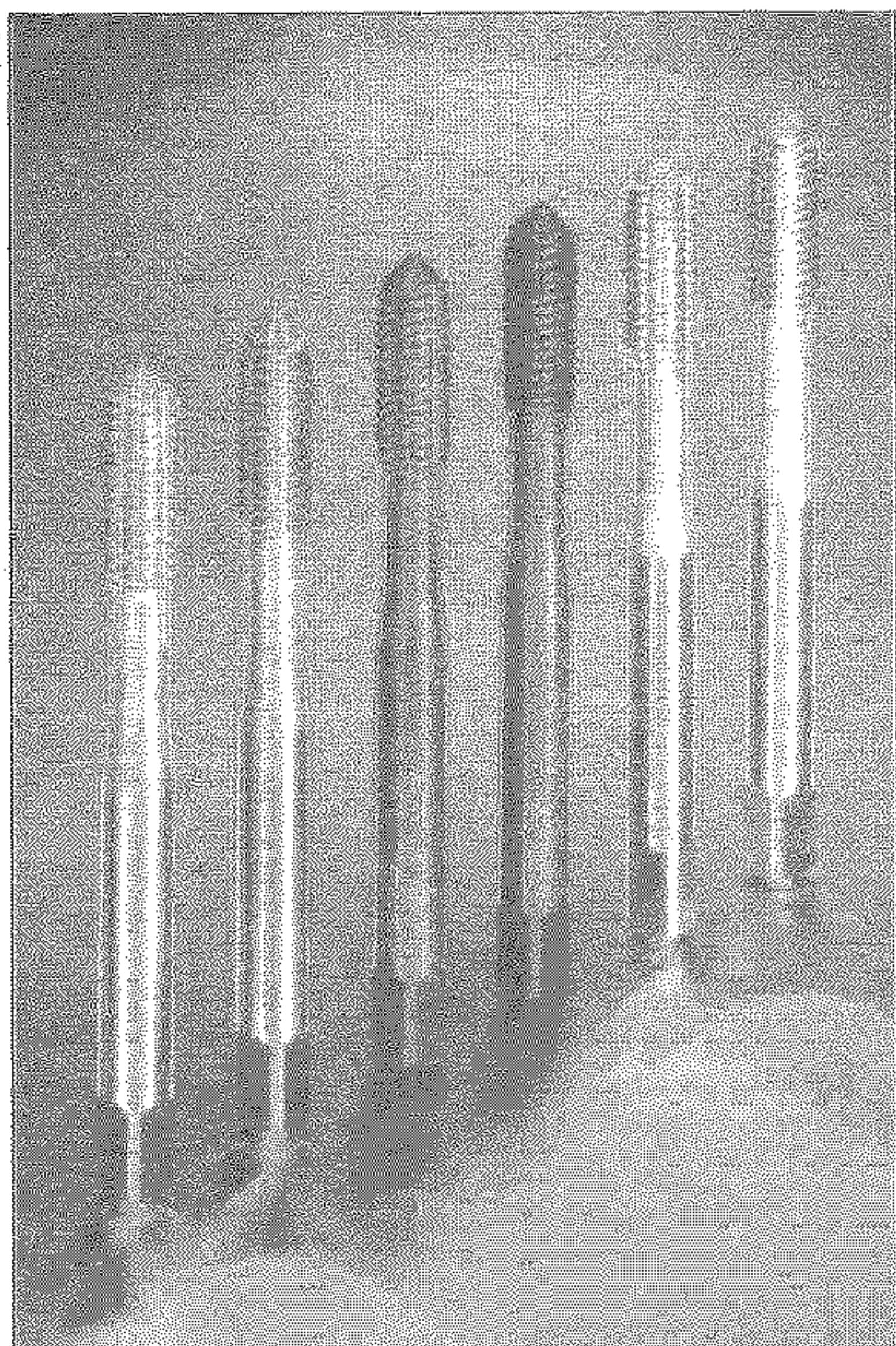
Форма роликов	Диапазон D	Требования к станку	Присоединение головки	Макс. длина профиля	Время накатывания	Особые преимущества
	Ø 8 - 72 мм	Токарный станок с ЧПУ	Револьверная головка Продольный и поперечный суппорт, управляемые ЧПУ	Нет ограничений	В зависимости от длины резьбы, частоты вращения и шага резьбы  Пример: M 10 x 1,5 Длина резьбы 20 мм Частота вращения 1600 об/мин  <b>0,5 сек</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● неограниченная длина профиля</li> <li>● специально для станков с ЧПУ, возможна межцентровая обработка</li> </ul>
	Ø от 1,4 до 230 мм	Простые токарные станки  Автоматические токарные станки например, одно- и многошпиндельные станки револьверные станки гидравлические копировальные станки токарные станки с ЧПУ специальные станки автоматические линии	Продольный суппорт Револьверная головка Шпиндель Задняя бабка	Нет ограничений	В зависимости от длины резьбы, частоты вращения и шага резьбы  Пример: M 10 x 1,5 Длина резьбы 20 мм Частота вращения 1600 об/мин  <b>0,5 сек</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● неограниченная длина профиля</li> <li>● деталь неподвижна или вращается</li> </ul>
	Ø от 5 до 36 мм		Продольный суппорт Револьверная головка Поперечный суппорт	Ограничена шириной роликов - 39 мм	В зависимости от частоты вращения, числа заходов и шага резьбы  Пример: M 10 x 1,5 Длина резьбы 20 мм Частота вращения 1600 об/мин  <b>0,23 сек</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● резьба за буртиком</li> <li>● очень малые сбеги резьбы</li> <li>● очень короткие резьбы</li> <li>● очень малое машинное время</li> </ul>
	Ø от 3 до 45 мм	Специальные накатные станки Мощность станка, крутящий момент, число оборотов и усилия подачи зависят от выполняемой обработки	Продольный суппорт Револьверная головка Шпиндель Задняя бабка	Ограничена шириной роликов - 39 мм	В зависимости от частоты вращения, числа заходов и шага резьбы  Пример: M 10 x 1,5 Длина резьбы 20 мм Частота вращения 1600 об/мин  <b>0,19 сек</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● очень малые сбеги резьбы</li> <li>● очень короткие резьбы</li> <li>● очень малое машинное время</li> <li>● деталь неподвижна или вращается</li> <li>● применение на прутковых станках</li> </ul>
	Ø от 1,6 до 64 мм	Автоматические токарные станки (см. выше)  Необходимо наличие определенного движения подачи (управление гидравлическим кулачком) Мощность станка, крутящий момент, число оборотов и усилия подачи зависят от выполняемой обработки	Поперечный суппорт Револьверная головка (перемещаемая в поперечном направлении, например, на станках с ЧПУ)	Ограничена шириной роликов - 39 мм	В зависимости от частоты вращения и времени врезания  Пример: M 10 x 1,5 Длина резьбы 20 мм Частота вращения 1600 об/мин  <b>0,56 сек</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● резьба за буртиком</li> <li>● очень малые сбеги резьбы</li> <li>● очень короткие резьбы</li> </ul>

## Обработка внутренней резьбы

Для обработки внутренней резьбы давлением применяются бесстружечные метчики (раскатники) (рис. 90). Процесс по своим принципам полностью аналогичен накатыванию наружной резьбы резьбонакатными головками. Около 60% материалов, применяемых сегодня в промышленности, могут быть без проблем обработаны методом пластической деформации. Основными преимуществами обработки пластической обработки внутренней резьбы являются:

- высокая прочность резьбы благодаря упрочнению структуры материала
- существенно лучшее качество поверхности резьбы, полученной методом пластической деформации, меньшая шероховатость боковых поверхностей резьбы
- очень точная резьба, даже без принудительного направления раскатника
- отсутствие брака резьбы если выдержать диаметр отверстия под резьбу
- отсутствие необходимости в осевом перебеге раскатника
- большая стойкость, большие интервалы между сменами инструмента
- высокая механическая устойчивость
- особые преимущества при обработке тяжелых отверстий
- возможно применение на простых станках
- отсутствие стружки и проблем с ее отводом
- высокая периферийная скорость, сравнимая со скоростью при нарезании

Рис. 90



Основанием для применения бесстружечных метчиков является деформируемость материала заготовки (минимум 8% относительного удлинения при разрыве, максимальная прочность на растяжение 1000 Н/мм<sup>2</sup>, при определенных условиях больше). В целом, для накатывания в них внутренней резьбы пригодны следующие материалы: стали общемашинностроительного применения, пержавеющие стали, жаростойкие стали, медь и медные сплавы, латунь, алюминиевые сплавы, титановые сплавы, пластмассы. Обработка хрупких материалов невозможна. С помощью раскатников можно получать все виды резьб с острой вершиной, а также трубную цилиндрическую резьбу. Особые преимущества можно получить, используя метод пластической деформации, при обработке тонкостенных заготовок (например, листового материала), а также для вязких, склонных к налипанию, материалов. Примеры деталей, обработанных с применением раскатников, приведены на рис. 91.

При обработке внутренней резьбы методом пластической деформации отверстие под резьбу сверлится большим диаметром, чем при нарезании резьбы. Это объясняется самим принципом обработки. Диаметр отверстия зависит от:

- деформируемости материала
- профиля резьбы
- глубины резьбы
- толщины стенок детали
- допуска на внутренний диаметр резьбы
- других условий обработки (например, профиля заточки сверла, особенностями станка, охлаждением).

В зависимости от меняющихся свойств материала может понадобится увеличение диаметра сверления на величину от 0,05 до 0,1 мм. Для наиболее часто применяемых резьб диаметры отверстий приведены в таблице в приложении. Для других резьб диаметры рассчитываются по формулам, приведенным в каталогах на раскатники. Для грубой оценки пригодна формула “номинальный диаметр резьбы минус половина шага резьбы”.

Скорости резания при раскатывании могут быть существенно выше, чём при нарезании резьбы. Скорость резания для раскатника без покрытия может быть на 50% выше скорости резания обычного метчика. При использовании раскатников с покрытием возможно увеличение до 100%.

Ограничения по длине резьбы зависят от качества охлаждения. В любом случае возможна обработка резьбы глубиной до двух диаметров. Максимально возможный шаг резьбы при раскатывании ограничен 2,5 мм (что соответствует метрической резьбе M20). Мелкие резьбы возможно без проблем раскатывать до M30x1,5.

При работе раскатников очень важно обеспечить хорошее охлаждение. При этом увеличивается стойкость инструментов и уменьшается момент при обработке. По возможности должны использоваться масла и пасты. При работе на обрабатывающих центрах надо обеспечивать концентрацию применяемой эмульсии не ниже 1:10. При вертикальной обработке глухих отверстий возможно применение раскатников без пазов охлаждения. Для горизонтальной обработки и для раскатывания сквозных отверстий применяются раскатники с пазами для охлаждения и смазки (рис. 92).

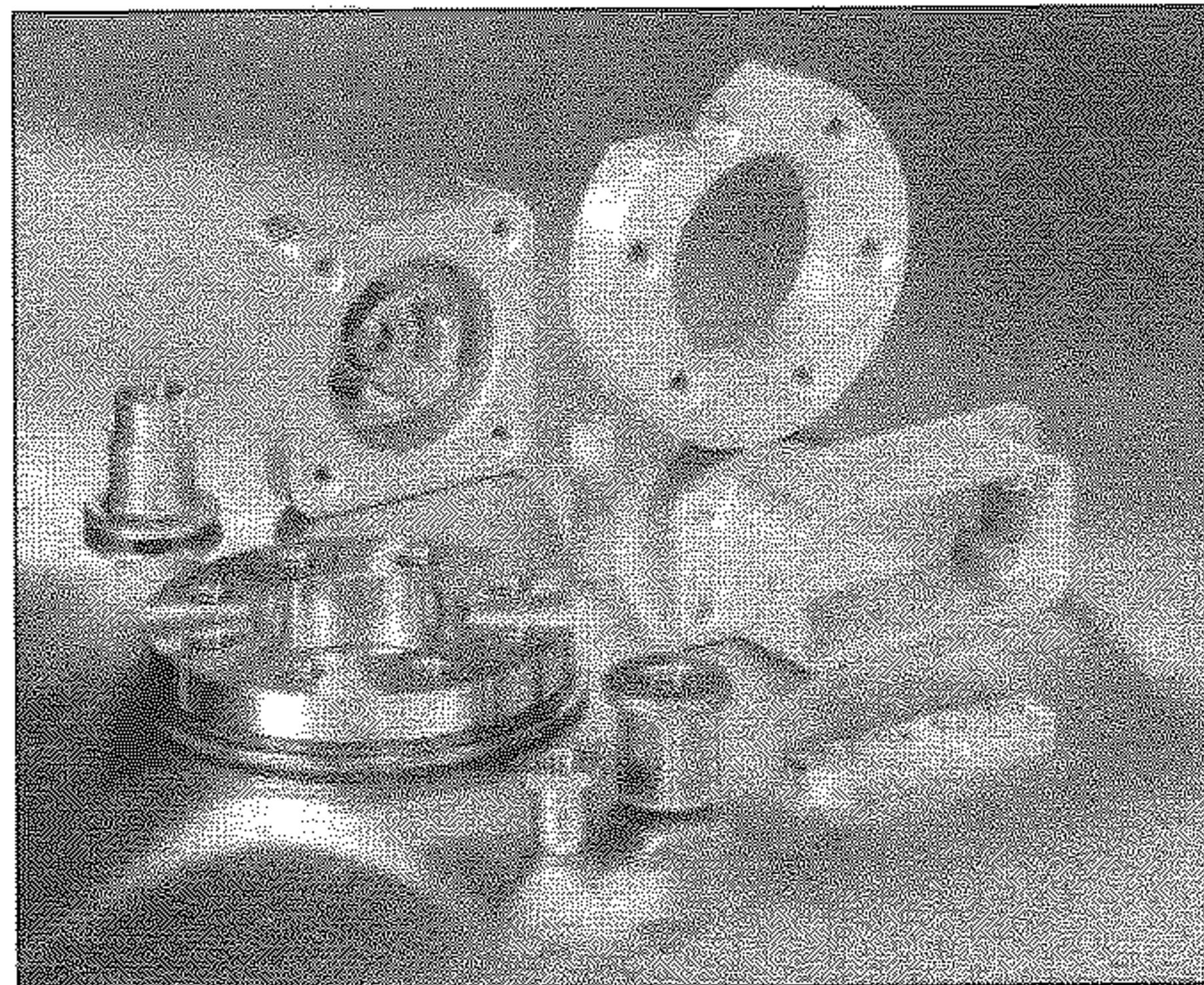


Рис. 91

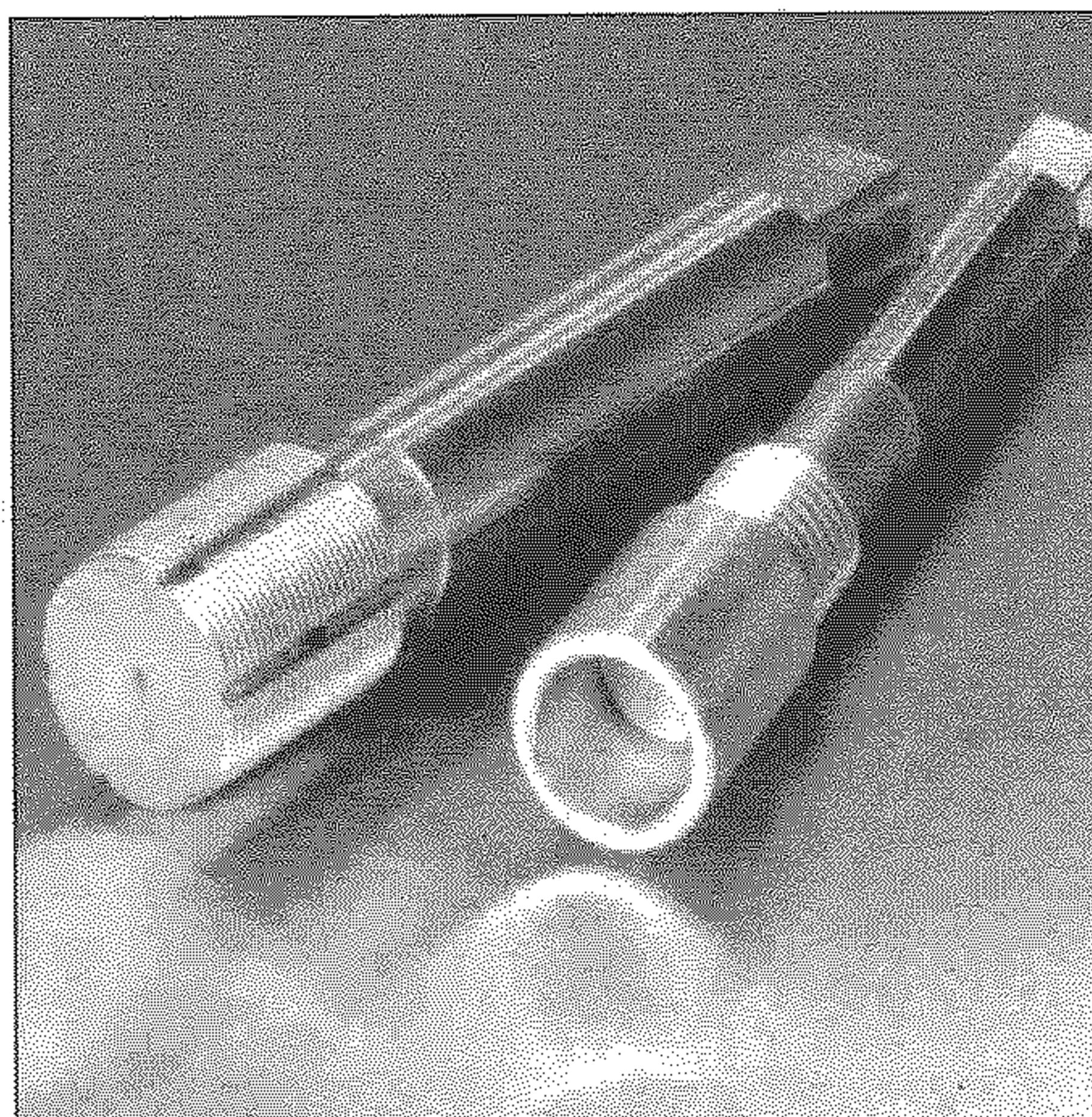
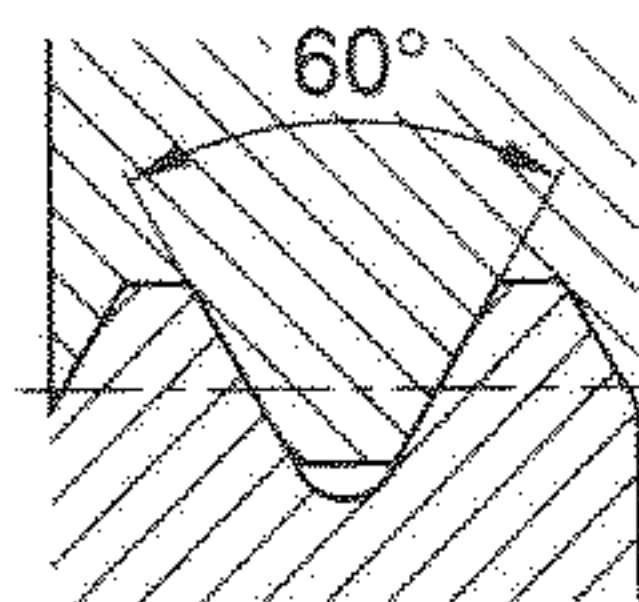
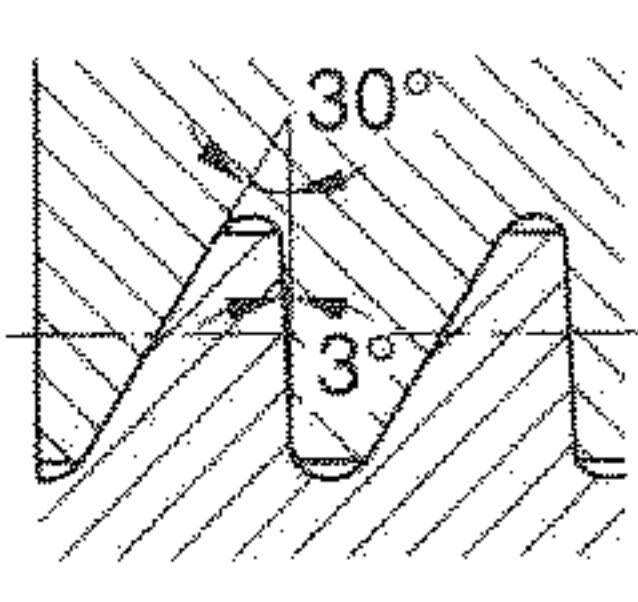


Рис. 92

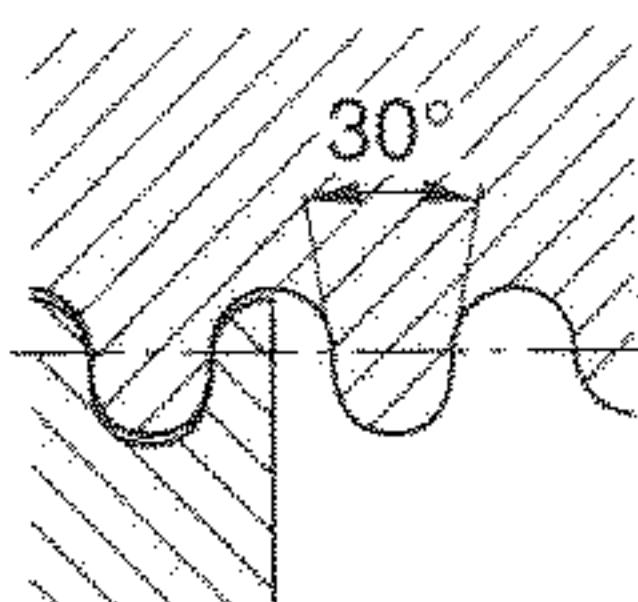
## Сводная таблица резьб применяемых в промышленности



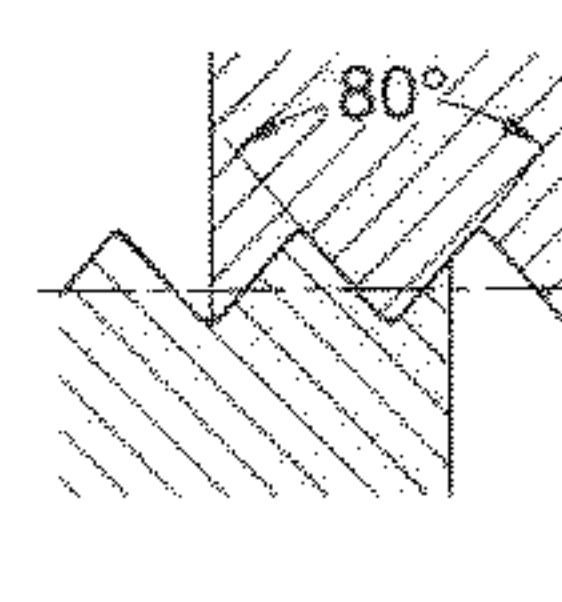
**Метрическая**



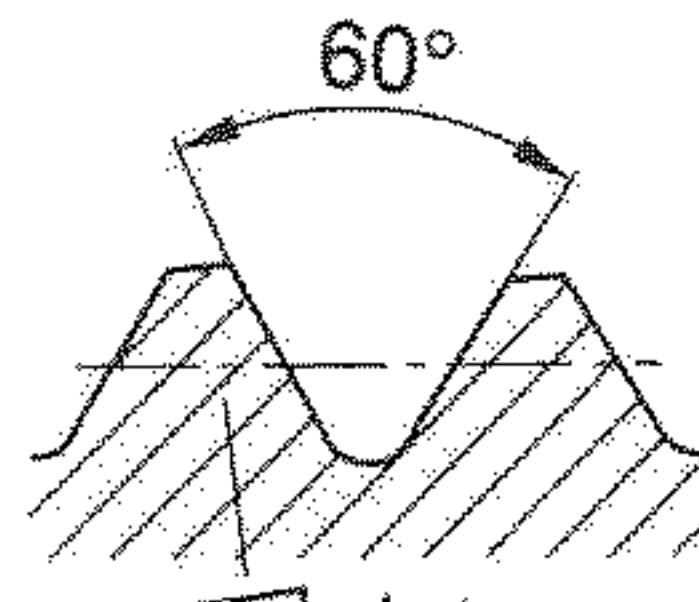
**Метрическая  
пилообразная**



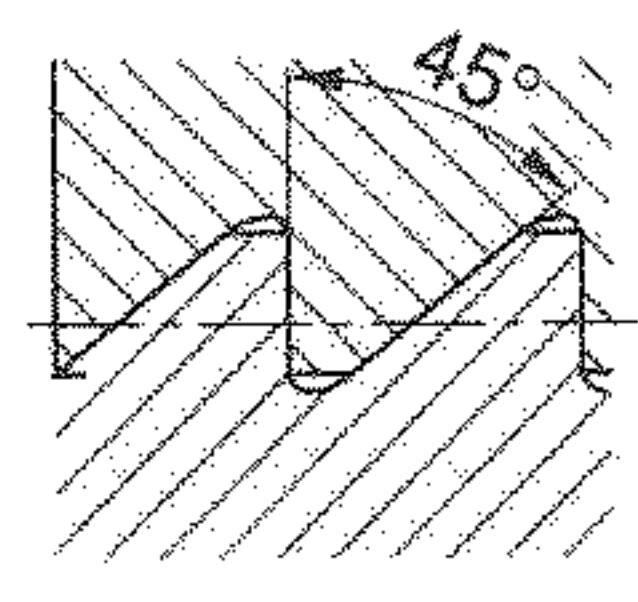
**Круглая  
железнодорожная**



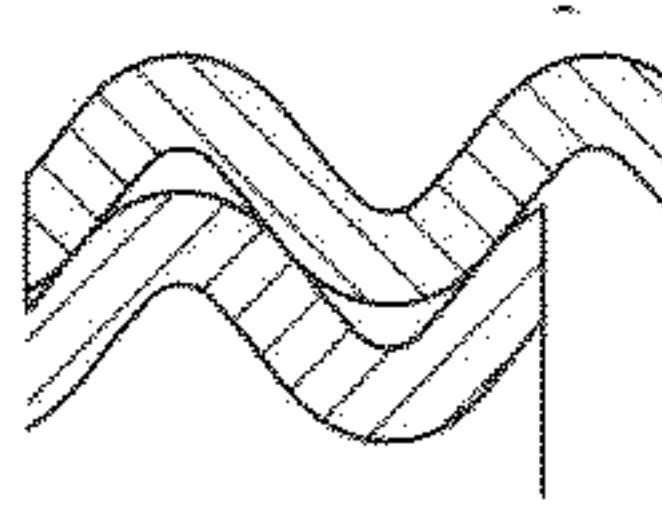
**Трубная электро-  
техническая**



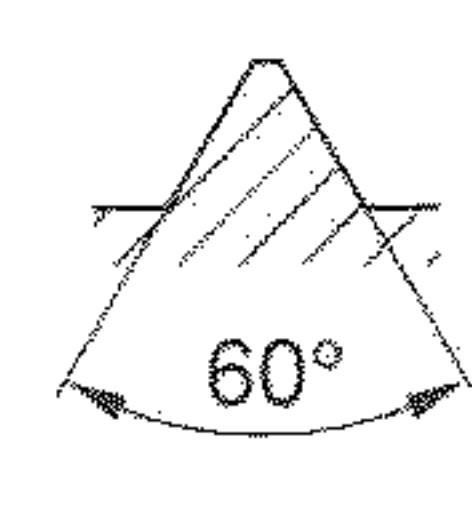
**Метрическая  
коническая**



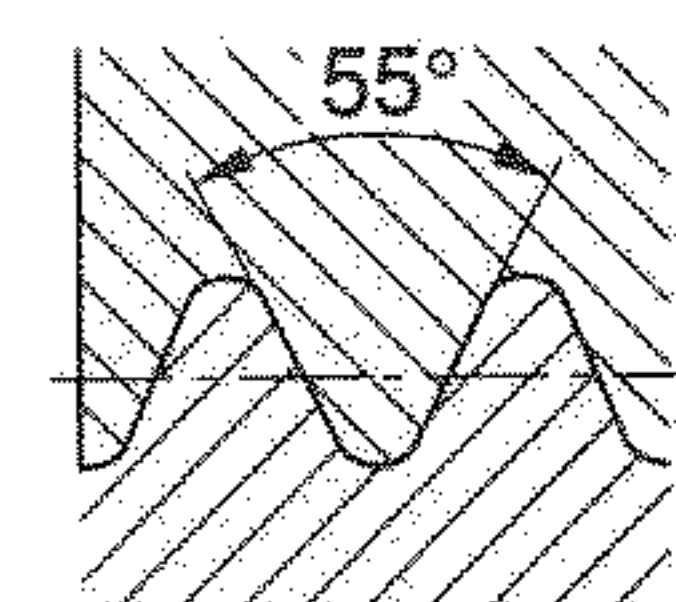
**Пилообразная  
45 градусов**



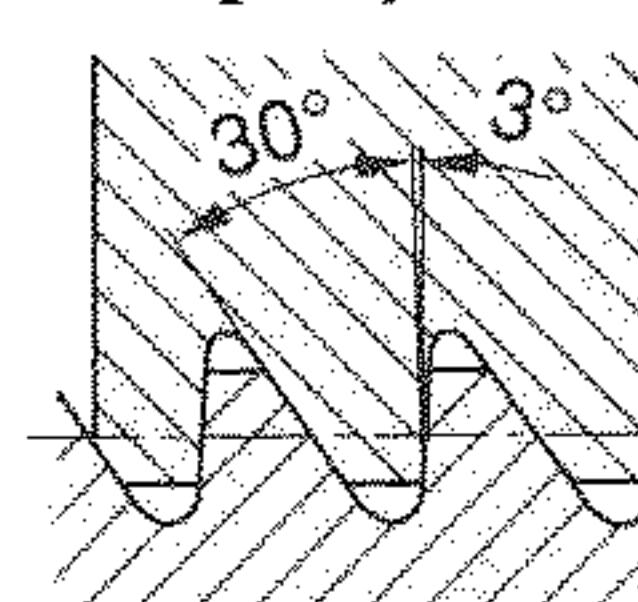
**Круглая  
защитная**



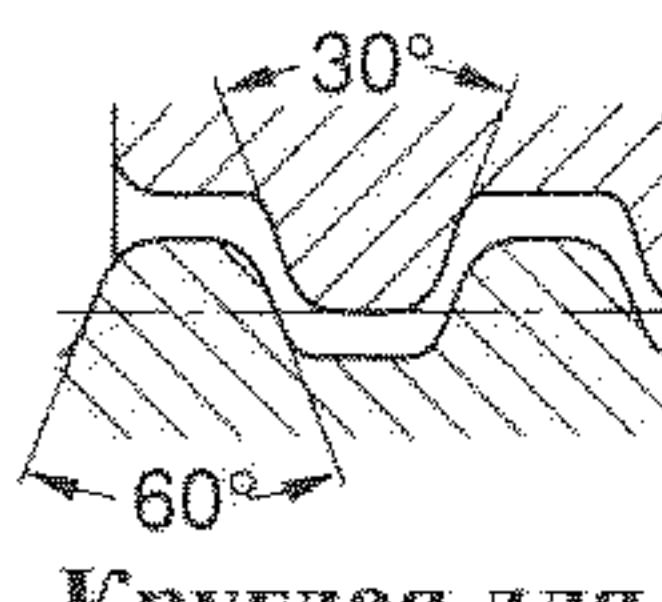
**Для шурупов  
и саморезов**



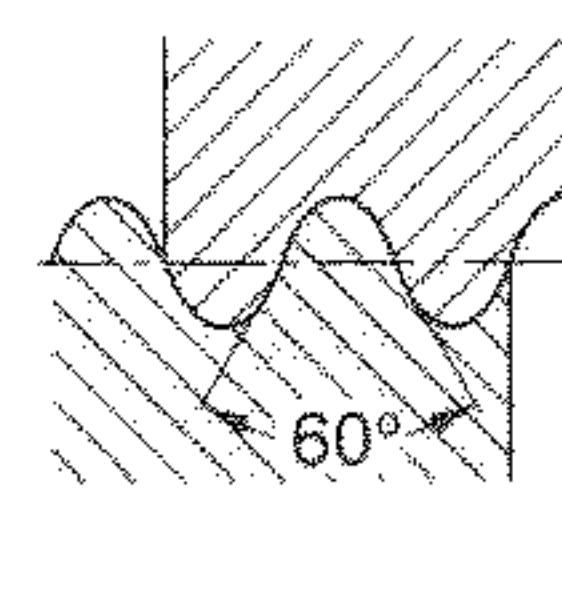
**Трубная  
Витворта**



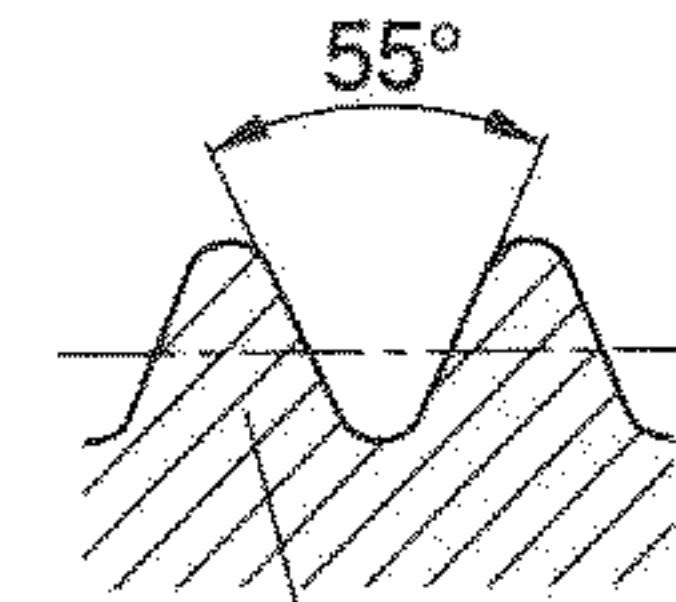
**Пилообразная**



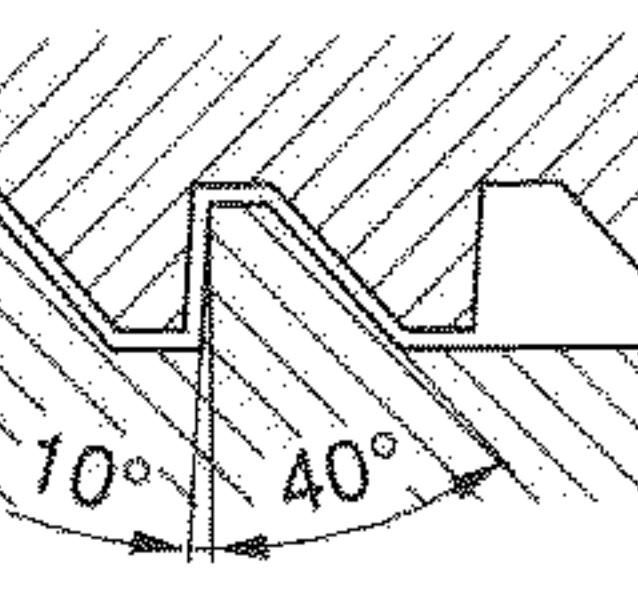
**Круглая для  
изделий из  
стекла**



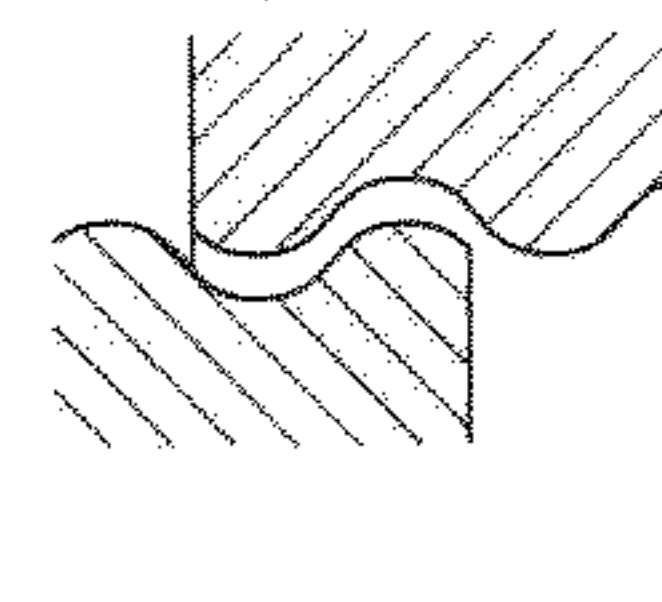
**Велосипедная**



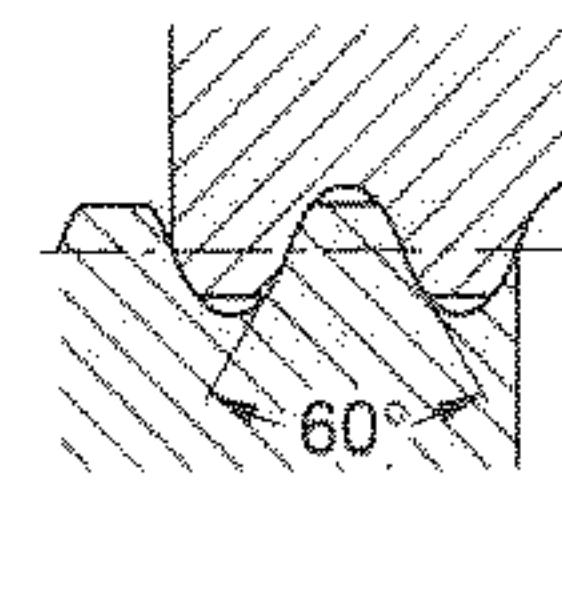
**Трубная кониче-  
ская Витворта**



**Пилообраз-  
ная**



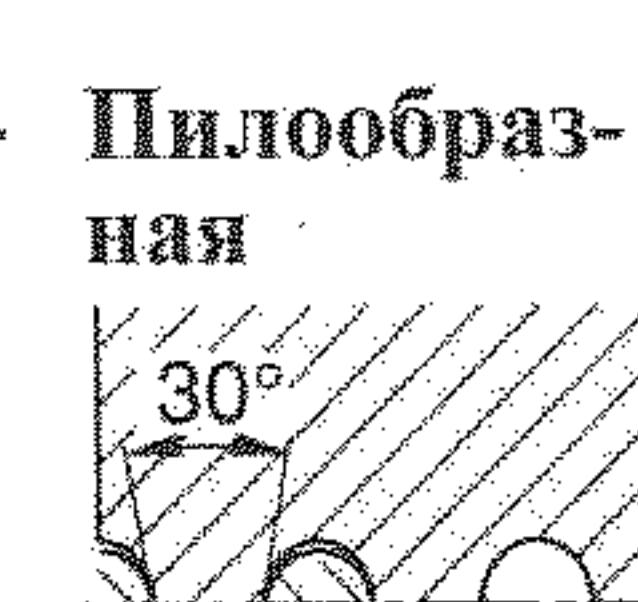
**Электрическая**



**Золотниковая**



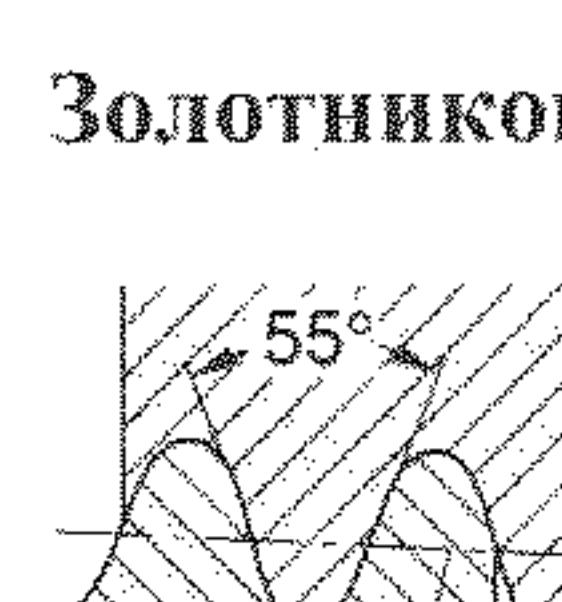
**Метрическая  
трапецидальная**



**Круглая**



**Резьба  
Витворта**



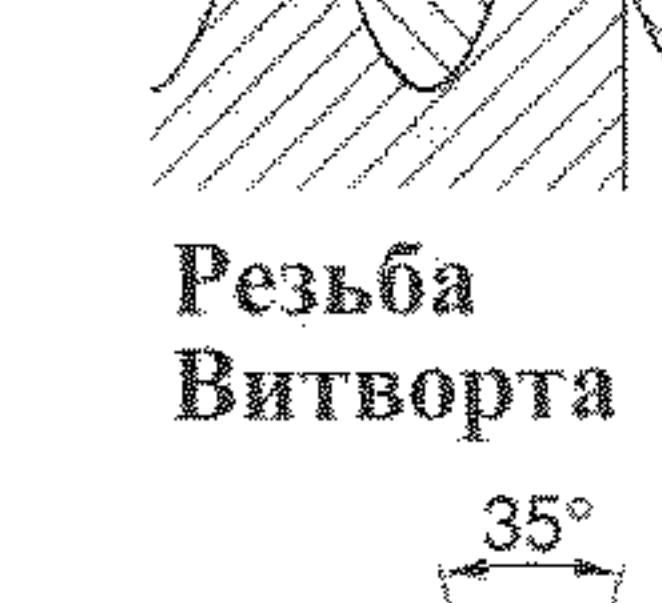
**Витворта  
цилиндрическая**



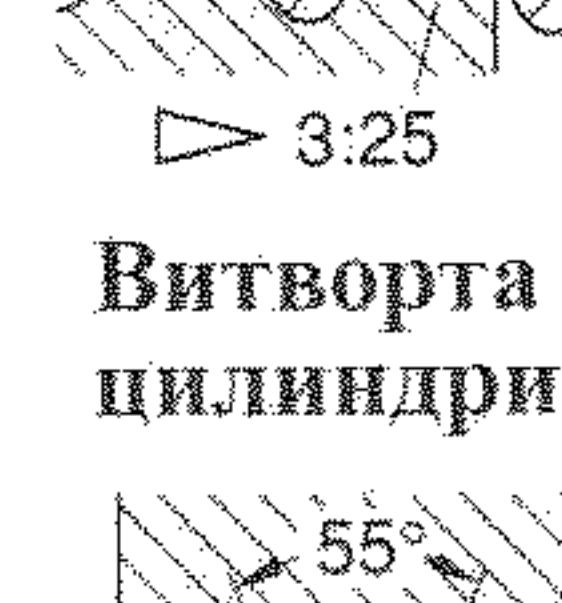
**Скругленная  
трапецидальная**



**Круглая**



**Для изделий  
из стекла**



**Витворта  
коническая**

**Рекомендуемые диаметры отверстий под нарезание резьбы метчиком**

Метрическая резьба с крупным шагом		Метрическая резьба с мелким шагом									
Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия
M 1 x 0,25	0,75	M 10 x 1,5	8,5	M 2 x 0,25	1,75	M 12 x 1,5	10,5	M 26 x 1,5	24,5		
M 1,1 x 0,25	0,85	M 11 x 1,5	9,5	M 2,2 x 0,25	1,95	M 13 x 1	12	M 27 x 1,5	25,5		
M 1,2 x 0,25	0,95	M 12 x 1,75	10,2	M 2,5 x 0,35	2,15	M 14 x 1	13	M 27 x 2	25		
M 1,4 x 0,3	1,1	M 14 x 2	12	M 3 x 0,35	2,65	M 14 x 1,25	12,8	M 28 x 1,5	26,5		
M 1,6 x 0,35	1,25	M 16 x 2	14	M 3,5 x 0,35	3,15	M 14 x 1,5	12,5	M 30 x 1	28,5		
M 1,7 x 0,35	1,3	M 18 x 2,5	15,5	M 4 x 0,35	3,6	M 15 x 1	14	M 30 x 1,5	29		
M 1,8 x 0,35	1,45	M 20 x 2,5	17,5	M 4 x 0,5	3,5	M 15 x 1,5	13,5	M 30 x 2	28		
M 2 x 0,4	1,6	M 22 x 2,5	19,5	M 5 x 0,5	4,5	M 16 x 1	15	M 32 x 1,5	30,5		
M 2,2 x 0,45	1,75	M 24 x 3	21	M 6 x 0,5	5,5	M 16 x 1,5	14,5	M 33 x 1,5	21,5		
M 2,3 x 0,4	1,9	M 27 x 3	24	M 6 x 0,75	5,25	M 18 x 1	17	M 34 x 1,5	32,5		
M 2,5 x 0,45	2,05	M 30 x 3,5	26,5	M 7 x 0,75	6,25	M 18 x 1,5	16,5	M 35 x 1,5	33,5		
M 2,6 x 0,45	2,1	M 33 x 3,5	29,5	M 8 x 0,5	7,5	M 18 x 2	16	M 36 x 1,5	34,5		
M 3 x 0,5	2,5	M 36 x 4	32	M 8 x 0,75	7,25	M 20 x 1	19	M 36 x 3	33		
M 3,5 x 0,6	2,9	M 39 x 4	35	M 8 x 1	7	M 20 x 1,5	18,5	M 38 x 1,5	36,5		
M 4 x 0,7	3,3	M 42 x 4,5	37,5	M 9 x 1	8	M 20 x 2	18	M 40 x 1,5	38,5		
M 4,5 x 0,75	3,7	M 45 x 4,5	40,5	M 10 x 0,75	9,25	M 22 x 1	21	M 42 x 1,5	40,5		
M 5 x 0,8	4,2	M 48 x 5	46	M 10 x 1	9	M 22 x 1,5	20,5	M 45 x 1,5	43,5		
M 5,5 x 0,9	4,6	M 52 x 5	47	M 10 x 1,25	8,8	M 22 x 2	20	M 48 x 1,5	46,5		
M 6 x 1	5	M 56 x 5,5	50,5	M 11 x 1	10	M 24 x 1	23	M 48 x 2	46		
M 7 x 1	6	M 60 x 5,5	54,5	M 12 x 0,75	11,25	M 24 x 1,5	22,5	M 48 x 3	45		
M 8 x 1,25	6,8	M 64 x 6	58	M 12 x 1,25	10,8	M 24 x 2	22	M 50 x 1,5	48,5		
M 9 x 1,25	7,8	M 68 x 6	62	M 12 x 1	11	M 25 x 1,5	23,5	M 52 x 1,5	50,5		

Дюймовая резьба Витворта				Дюймовая трубная резьба Витворта			
Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия	Резьба	Диаметр отверстия
1/16	1,15	3/4	16,5	G 1/16	6,8	G 1 1/2	25,25
3/32	1,85	13/16	18	G 1/8	8,8	G 1 3/4	51
1/8	2,55	7/8	19,25	G 1/4	11,8	G 2	57
5/32	3,2			G 3/8	15,25	G 2 1/4	63
3/16	3,7	1	22	G 1/2	19	G 2 1/2	72,5
7/32	4,5	1 1/8	24,75	G 5/8	21	G 2 3/4	79
1/4	5,1	1 1/4	28	G 3/4	24,5	G 3	85,5
5/16	6,5	1 3/8	30,5	G 7/8	28,25	G 3 1/4	91,5
3/8	7,9	1 1/2	33,5	G 1	30,75	G 3 1/2	98
7/16	9,3	1 5/8	35,5	G 1 1/8	35,5	G 3 3/4	104
1/2	10,5	1 3/4	39	G 1 1/4	39,5	G 4	110,5
9/16	12	1 7/8	41,5	G 1 3/8	42		
5/8	13,5	2	44,5				
11/16	15						

Метрическая резьба с крупным шагом		Метрическая резьба с мелким шагом		Резьба UN с крупным шагом		Резьба UN с мелким шагом		Трубная резьба Витворта	
Резьба	Отверст. (теорет.)	Резьба	Отверст. (теорет.)	Резьба	Отверст. (теорет.)	Резьба	Отверст. (теорет.)	Резьба	Отверст. (теорет.)
M 3 x 0,5	2,8	M 8 x 1	7,5	Nr. 2	1,95	Nr. 8-36	3,8	G 1/16	7,3
M 4 x 0,7	3,7	M 10 x 1	9,4	Nr. 3	2,3	Nr. 10-32	4,5	G 1/8	9,3
M 5 x 0,8	4,6	M 10 x 1,25	9,5	Nr. 4	2,55	Nr. 12-28	5	G 1/4	12,5
M 6 x 1	5,5	M 12 x 1	11,5	Nr. 5	2,9	1/4-28	5,9	G 3/8	16
M 8 x 1,25	7,4	M 12 x 1,5	11,3	Nr. 6	3,15	5/16-24	7,4	G 1/2	20,05
M 10 x 1,5	9,3	M 14 x 1,5	13,3	Nr. 8-32	3,75	3/8-24	9		
M 12 x 1,75	11,2	M 16 x 1	15,3	Nr. 10-24	4,3	1/2-20	12,1		
M 14 x 2	13	M 16 x 1,5		Nr. 12-24	4,95	5/8-18	15,1		
M 16 x 2	15			1/4-20	5,7				
M 18 x 2,5	16,8			5/16-18	7,25				
M 20 x 2,5	18,8			3/8-16	8,7				
				1/2-13	11,7				