Лекція 10. Технологічні особливості обробки отвору зенкеруванням, розгортанням. Засоби нарізання різьби.

10.1 Зенкерування

Зенкерування є проміжною операцією перед розгортанням та остаточною операцією під час оброблення конусних і циліндричних заглибин з плоским дном, а також торцевих поверхонь бобишок.

Порівняно зі свердленням зенкерування забезпечує більш високу точність обробки отворів. Це пояснюється більшою кількістю зубів (три або чотири), що одночасно працюють, меншими кутами в плані (φ = 45...60°), меншими припусками на обробку (див. рис. 6.1, б), більшою жорсткістю інструменту. На відміну від свердла зенкер має багато зубів і збільшений діаметр стрижня, завдяки чому підвищується жорсткість інструменту й забезпечується краще спрямування його в отворі.

10.1.1. Конструкції й геометрія зенкерів

Зенкери можна класифікувати таким чином:

– за призначенням: *циліндричні* (див. рис. 6.1, б) – для напівчистового оброблення циліндричних отворів; *цеківки* (рис. 6.11, а) – для оброблення циліндричних отворів з плоским дном; *зенківки* (рис. 6.11, б) – для оброблення конічної ділянки отворів; *цеківки* торцеві (рис. 6.11, в, г) – для оброблення торцевих поверхонь, що прилягають до отвору; *східчасті* – для оброблення циліндричних отворів декількох діаметрів; *комбіновані* – свердла-зенкери, зенкери-зенківки й ін.;

– за способом кріплення: *хвостові* діаметром 12...35 мм і *насадні* діаметром 25...80 мм;

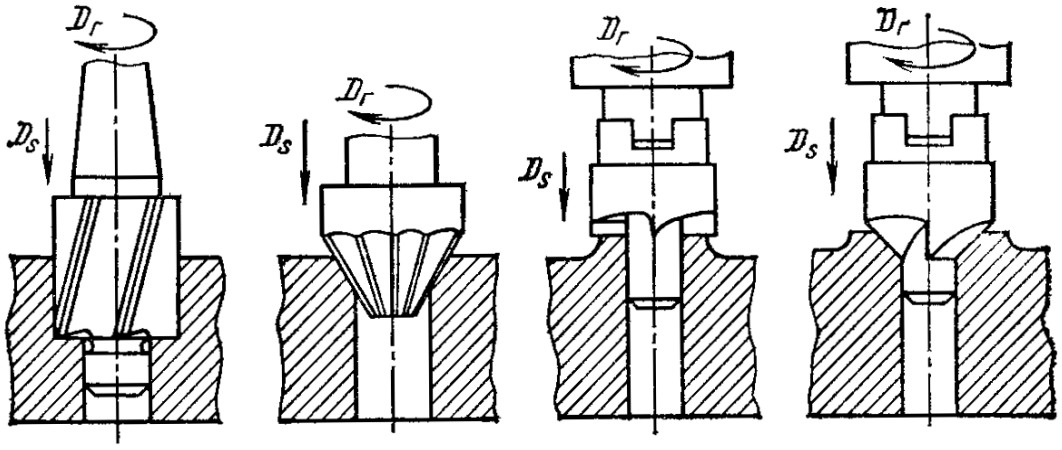
– за конструкцією: *цілісні, насадні, збірні* (зі вставними зубами і багатогранними пластинами).

Робочу частину зенкерів виготовляють зі швидкорізальних сталей і твердих сплавів.

Для оброблення деталей зі звичайних конструкційних сталей і титанових сплавів застосовують зенкери, оснащені твердим сплавом. Швидкорізальну сталь використовують тільки для виготовлення зенкерів невеликих розмірів.

Аналогічно вибирають матеріал різальної частини зенкера у разі оброблення деталей із титанових сплавів. Зенкери діаметром понад 10 мм виготовляють із твердих сплавів марки ВК8, зенкери менших діаметрів – із швидкорізальних сталей.

Зенкерування довгих наскрізних отворів здійснюють за схемою розтягування, тобто зенкер протягують через отвір. Це різко зменшує відведення осі оброблюваного отвору, знижує вібрації, дає можливість зняти великі припуски. Конструкції зенкерів дозволяють обробляти торцеві, конічні й фасонні поверхні.



а б в г

Рис. 6.11. Різновиди зенкерів

Циліндричні зенкери діаметром 10...40 мм найбільш широко використовуються у промисловості. Цілісний циліндричний зенкер (рис. 6.12) складається з різальної частини 1, напрямної 2, шийки 3 і хвостовика 4 з конусом Морзе.

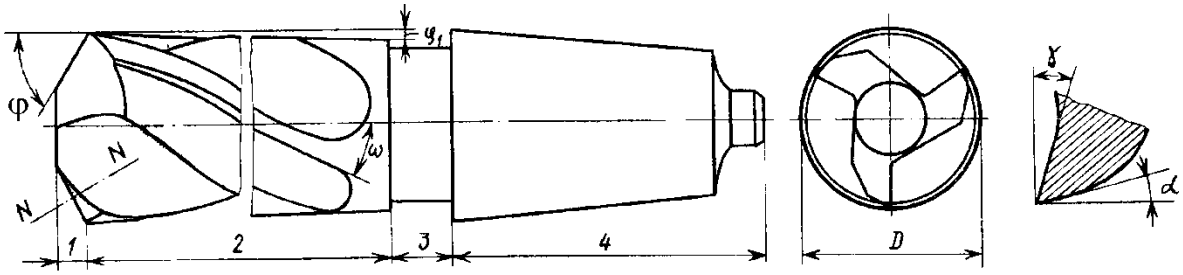


Рис. 6.12. Цілісний циліндричний зенкер

Геометричні параметри різальної частини зенкера вибирають залежно від виду оброблюваного матеріалу й призначення обробки, вони визначаються насамперед кутами заточування головних різальних кромок.

Зенкери зі швидкорізальних сталей мають головний кут у плані φ = 45...60°, а твердосплавні – φ = 60...75°.

Зенкери зі швидкорізальних сталей з переднім кутом γ = 0...8° застосовують для оброблення високоміцних матеріалів, з γ = 25…30° – для оброблення кольорових сплавів.

Задній кут α = 8...10°, а кут нахилу гвинтової канавки ω = 10...25°.

Цековка (рис. 6.13) – різновид зенкера – призначена для оброблення циліндричних отворів з плоским дном.

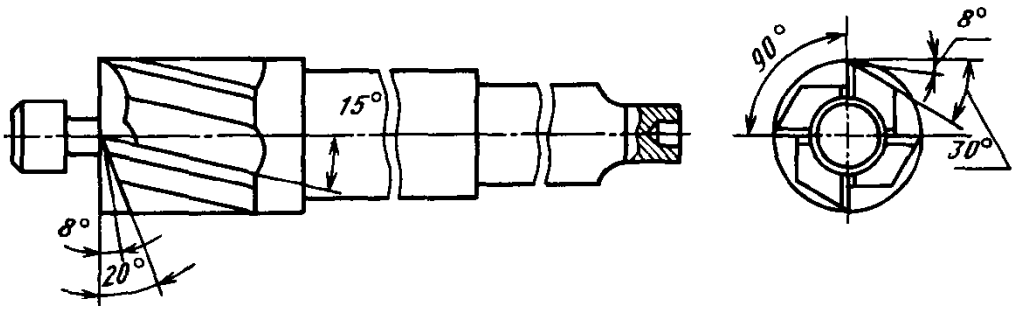


Рис. 6.13. Цековка

Насадні зенкери, як цілісні, так і збірні (рис. 6.14), мають чотири різальні кромки. Їх використовують для напівчистового оброблення отворів великих діаметрів (D = 32...100 мм).

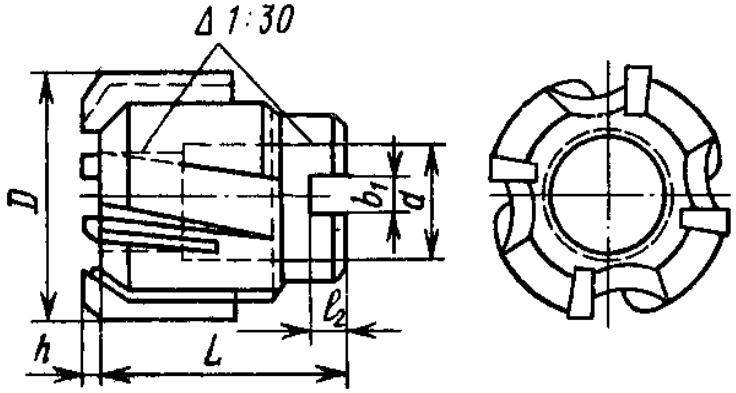


Рис. 6.14. Насадний зенкер збірної конструкції

На зенкер, як і на свердло, діють крутний момент $M_{кр}$ і осьова сила P_0, які визначаються формулами

$$M_{кр} = c_м D^{x_м} S_0^{y_м} t^{z_м} k_м ; P_0 = c_p D^{x_p} S_0^{y_p} t^{z_p} k_p . \qquad (6.3)$$

Сталі величини $c_м, c_p, k_м k_p$ і показники степеня беруть із довідників [23].

Допустиму швидкість різання під час зенкерування розраховують за формулою

$$v = \frac{C_v D^{x_v}}{T^m t^{z_v} S_0^{y_v}} k_v . \qquad (6.4)$$

Значення сталих C_v, k_v і показників степеня x_v, z_v, y_v, m знаходять у довідниках залежно від періоду стійкості інструменту T (для зенкерів період стійкості становить 15...80 хв).

Порядок розрахунку режиму різання під час зенкерування:

– вибір матеріалу зенкера та його геометричних параметрів з урахуванням конкретних умов оброблення;

– визначення групи подач, розрахунок або вибір за нормативами

величини подачі на оберт S_0, мм/об;

– розрахунок за формулою (6.4) швидкості різання v і частоти обертання n відповідно до взятого періоду стійкості T;

– коригування значень подачі S_0 і частоти обертання n за паспортними даними верстата;

– розрахунок осьової сили P_0 і крутного моменту $M_{кр}$ за формулами (5.3), перевірка режиму різання за паспортною потужністю верстата;

– розрахунок машинного (основного) часу зенкерування, хв: $T_{маш} = L/nS_0$, де $L = l + l_1 + l_2$; l – глибина отвору; l_1 – довжина ділянки врізання; l_2 – довжина перебігу (у разі оброблення глухих отворів $l_2 = 0$).

10.2 Розгортання

Розгортання відрізняється від зенкерування порівняно малою глибиною різання t та особливою конструкцією інструменту – наявністю циліндричної калібрувальної частини, великою кількістю зубів z (не менше ніж шість), високою точністю виготовлення. Тому розгортання забезпечує високу точність обробки отворів.

За формою оброблюваних отворів розрізняють циліндричні, конічні й східчасті розвертки, за способом використання – машинні й ручні.

Робоча ділянка 5 циліндричних ручних розверток (рис. 6.15) складається з напрямного конуса 1, різальної 2 і калібрувальної 3 частин і ділянки протилежної конусності 4.

Кут забірного конуса 2φ ручних розверток (φ = 0,5...1,5°) значно менший, ніж машинних (φ = 15...30°).

На задній поверхні калібрувальних зубів розміщено циліндричну стрічку завширшки f = 0,03...0,25 мм, що дає можливість під час заточування по передній поверхні зберегти незмінним діаметр калібрувальної частини.

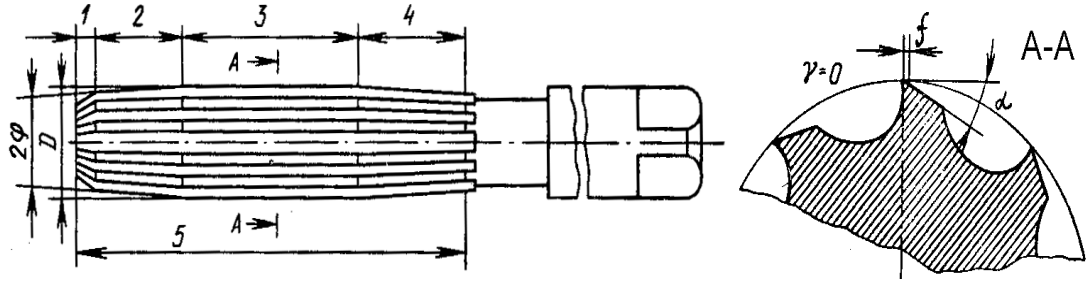


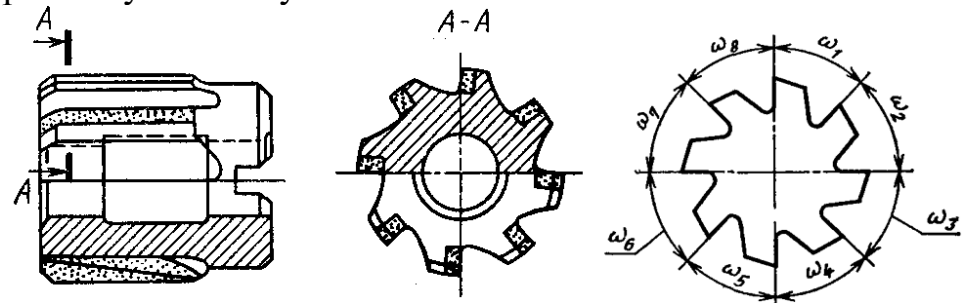
Рис. 6.15. Циліндрична ручна розвертка

Протилежна конусність становить близько 0,01 мм для ручних і близько 0,07 мм для машинних розверток.

Як і зенкери, за *способом кріплення* розвертки поділяють на хвостові й насадні. Останні бувають цілісними й збірними – із вставними зубами (рис. 6.16, а).

Щоб підвищити якість процесу розгортання важкооброблюваних матеріалів, застосовують розвертки з нерівномірним кроком і спіральним

розташуванням зубів.



а б

Рис. 6.16. Насадна розвертка збірної конструкції

Завдяки нерівномірному кроку розташування зубів (рис. 6.16, б) зменшуються вібрації й знижується шорсткість обробленої поверхні. Кутовий крок зубів ω вибирають так, щоб кожна пара різальних кромок лежала на одному діаметрі. Наприклад, якщо кількість зубів розвертки $z = 8$, то при середньому значенні кутового кроку $\omega = 45°$ беруть: $\omega_1 = 42°$, $\omega_2 = 44°$, $\omega_3 = 46°$, $\omega_4 = 48°$, $\omega_5 = 42°$, $\omega_6 = 44°$, $\omega_7 = 46°$, $\omega_8 = 48°$.

Розвертка зрізає шари дуже малої товщини, тому вона спрацьовується здебільшого по задній поверхні.

Під час розгортання застосовують *технологічний критерій* спрацювання – таку величину спрацювання $h_з$, коли розвертка не забезпечує потрібний квалітет точності й необхідну якість поверхневого шару. Для різних умов різання $h_з$ відповідає фасці по задній грані забірної частини від 0,3 до 0,8 мм.

Середній період стійкості розверток T, який відповідає технологічному спрацюванню, лежить у межах 20...90 хв, причому розвертки великих діаметрів мають більший період стійкості, ніж розвертки малих діаметрів.

Розгортання здійснюють у два переходи, припуск на чорнове розгортання становить 0,15...0,5 мм, на чистове – 0,05...0,2 мм залежно від діаметра отвору й матеріалу заготовки. Перед розгортанням отвір зенкують.

Найкращого центрування й зменшення величини розбивання отвору досягають у разі розгортання на витяжку, коли стрижень розвертки працює на розтягування.

Для розгортання визначено дві групи подач: перша – для чорнового розгортання під подальше чистове, друга – для чистового розгортання після чорнового або однократного розгортання.

Порядок розрахунку режиму різання під час розгортання, структурний вигляд емпіричних формул для визначення подачі, швидкості різання, осьової сили й крутного моменту такі самі, як і для свердлення або зенкерування. Відмінність полягає тільки в різих значеннях констант і степеневих показників.

Нарезание резьбы

Основные методы создания резьбы следующие: 1 — нарезание резьбовыми резцами или резьбовыми гребенками; 2 — нарезание плашками, резьбонарезными головками и метчиками; 3 — накатывание при помощи плоских или круглых накатных плашек; 4 — фрезерование с помощью специальных резьбовых фрез; 5 — шлифование абразивными кругами.

Нарезание резьбы резцами. С помощью резьбовых резцов и гребенок на токарно-винторезных станках нарезают резьбу как наружную, так и внутреннюю (внутренняя резьба, начиная с диаметра 12 мм и выше).

Способ нарезания резьбы резцами характеризуется относительно невысокой производительностью, поэтому в настоящее время он применяется в основном в мелкосерийном и индивидуальном производстве, а также при создании точных винтов, калибров, ходовых винтов и т. д. Достоинством этого способа является простота режущего инструмента и сравнительно высокая точность получаемой резьбы. Схематически он заключается в следующем (рис. 32): при одновременном вращательном движении детали, на которой нарезается резьба, и поступательном движении резца (на токарном станке — II) последний снимает (вырезает) часть поверхности детали в виде винтовой линии (I).

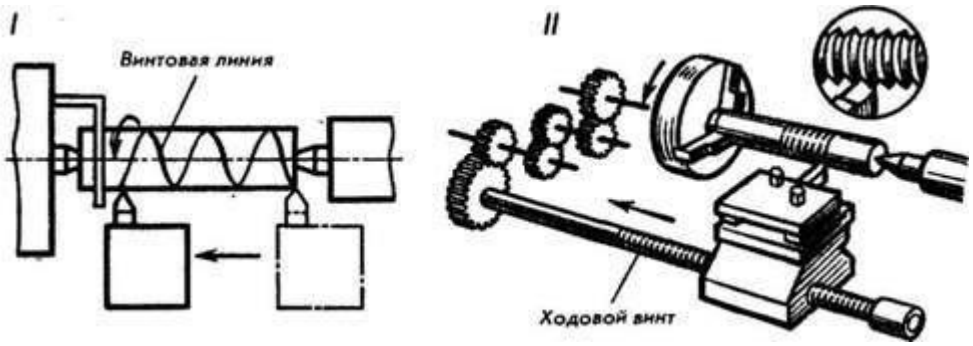


Рис. 32

Нарезание резьбы плашками и метчиками. На рис. 33 показаны плашки, которые по своим конструктивным особенностям делятся на круглые — I и II (лерки) и раздвижные — III (клупповые).

Круглые плашки, имеющие применение на монтажных, заготовительных и других работах, предназначены для нарезания наружной резьбы диаметром до 52 мм в один проход. Для более крупной резьбы применяют плашки особой конструкции, которые фактически служат лишь для зачистки резьбы после предварительной нарезки ее другими инструментами.

Раздвижные плашки состоят из двух половин, вставляющихся в клупп и постепенно сближающихся в процессе резания.

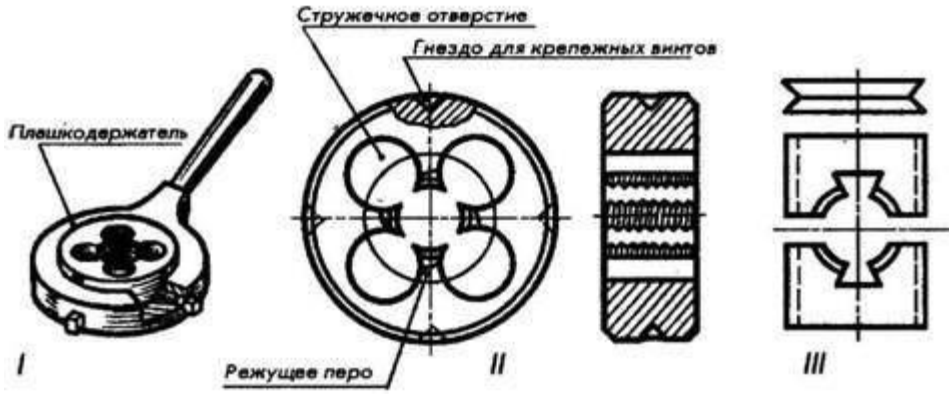


Рис. 33

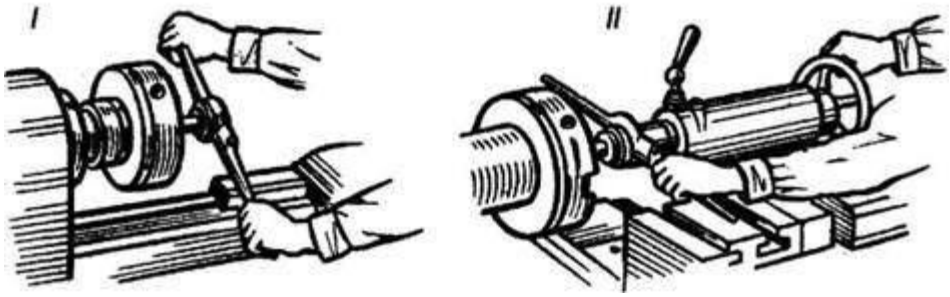


Рис. 33

При нарезании резьбы на металлорежущих станках (II) плашка устанавливается и закрепляется в специальном патроне или приспособлении (рис. 34). Деталь подается в калибрующую часть вращающейся плашки.

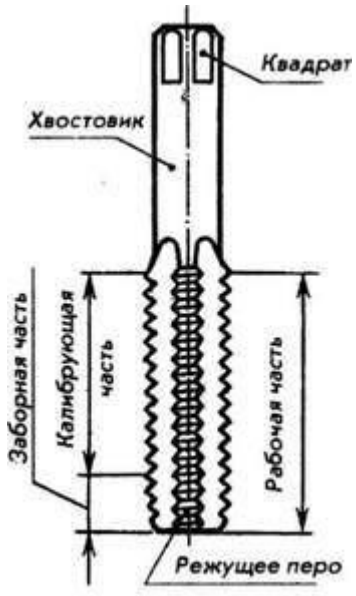


Рис. 35

Внутреннюю крепежную резьбу в подавляющем большинстве случаев нарезают метчиками. Метчик (рис. 35) представляет собой стальной стержень с резьбой, разделенный продольными прямыми или винтовыми канавками, образующими режущие кромки. Эти же канавки служат для выхода стружки. По способу применения метчики разделяются на ручные и

машинные.

Последовательность получения резьбы в глухих отверстиях такова (рис. 36): вначале высверливают гнездо, куда в дальнейшем будет завернута шпилька или винт. Диаметр сверла должен быть выбран из табл. рекомендуемых стандартом ГОСТ 9150-81 величин. Резьбу нарезают комплектом из двух или трех метчиков (малого, среднего и нормального, чистового) в зависимости от размера резьбы. Нарезать резьбу одним метчиком (нормальным) за один заход нельзя. Это ведет к поломке метчика.

Для метрической резьбы с крупным шагом и дюймовой резьбы комплект состоит из трех метчиков, для метрической резьбы с мелким шагом и трубной резьбы — из двух.

Накатывание резьбы. Основной промышленный метод изготовления резьбы в настоящее время — накатка на специальных резьбонакатных станках, имеющих корпус трехроликовой головки 1, ролико - держатель 2 и накатной ролик 3 (рис. 37). Деталь 4 зажимается в тисках суппорта. В этом случае при большой производительности обеспечивается получение высокого качества изделия (формы, размеров и шероховатости поверхности).

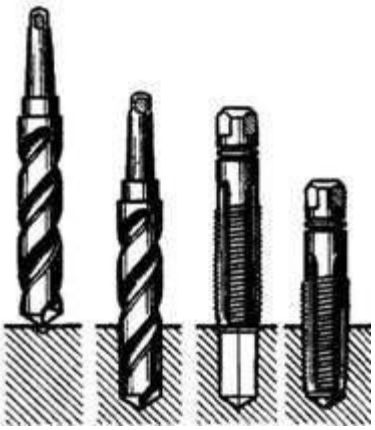


Рис. 36

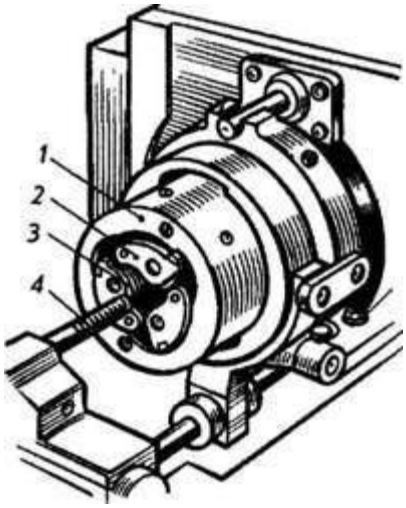


Рис. 37

Процесс накатывания резьбы заключается в создании резьбы на поверхности детали без снятия стружки за счет пластической деформации поверхности обрабатываемой детали. Схематически это выглядит так. Деталь

прокатывают между двумя плоскими плашками (рис. 38. I) или цилиндрическими роликами (рис. 38. II, III), имеющими резьбовой профиль, и на стержне выдавливается резьба такого же профиля. Наибольший диаметр накатываемой резьбы 25 мм, наименьший 1 мм; длина накатываемой резьбы 60...80 мм.

Фрезерование резьбы. Фрезерование наружной и внутренней резьбы производится на специальных резьбофрезерных станках. В этом случае вращающаяся гребенчатая фреза при радиальной подаче врезается в тело детали и фрезерует резьбу на ее поверхности. Периодически происходит осевое перемещение детали или фрезы от специального копира на величину, равную шагу резьбы за время одного оборота детали (рис. 39).

Шлифование точной резьбы. Шлифование как способ создания резьбы применяется главным образом для получения точной резьбы на сравнительно коротких резьбовых деталях, например резьбовых пробках — калибрах, резьбовых роликах и т. д.

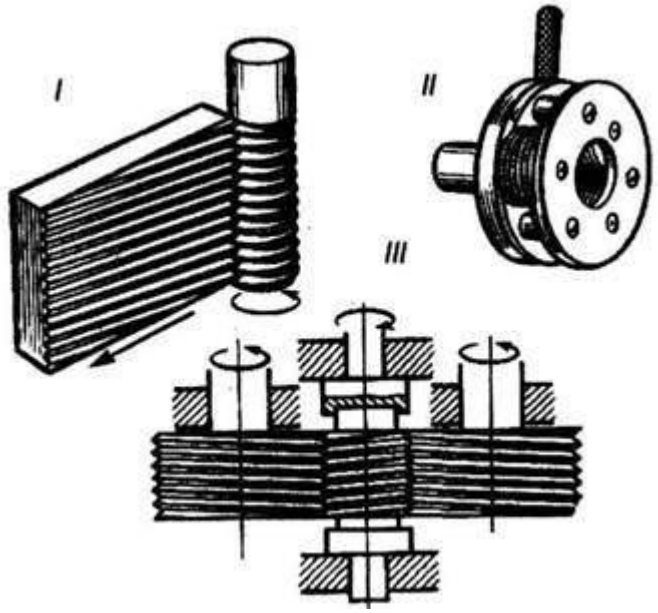


Рис. 38

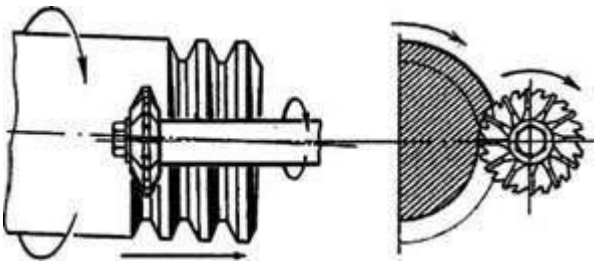


Рис. 40

Сущность процесса заключается в том, что шлифовальный круг, расположенный к детали под углом подъемна резьбы, при быстром вращении и при одновременном медленном вращении детали с подачей вдоль оси на величину шага резьбы за один оборот вырезает (вышлифовывает) часть поверхности детали. В зависимости от конструкции станка и ряда других фак-

торов резьба шлифуется за два-четыре и более прохода (рис. 40).

Наиболее прогрессивный способ, названный скоростным, или вихревым, обеспечивает повышение производительности в 2-2,5 раза по сравнению с резьбофрезерованием и более чем в 10 раз по сравнению с **Нарезание резьбы** резцом. **Нарезание резьбы** при этом производят резцовыми головками методами схватывания и огибания (). Резцовая головка с одним или несколькими резцами, оснащенными пластинами из твёрдого сплава, расположена эксцентрично по отношению к обрабатываемой заготовке. Заготовка совершает от 30 до 300 *об/мин* в одном направлении, а резцовая головка - от 1000 до 3000 *об/мин* в противоположном направлении. Заготовке за один её оборот сообщается осевая подача на один шаг резьбы; каждый резец приходит в соприкосновение с заготовкой один раз за оборот головки. Скорость резания достигает 400 *м/мин*. Метод применим для **Нарезание резьбы** как на наружных, так и на внутренних поверхностях при диаметре более 50 *мм* и обеспечивает шероховатость поверхности 6-го класса (Ñ6) и 5-6-ю степень точности.

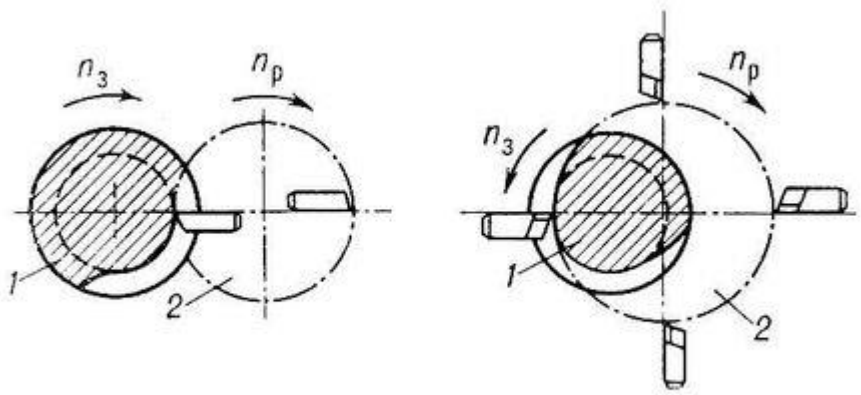


Рис. 2. Схема вихревого нарезания резьбы: а - методом схватывания; б - методом огибания; 1 - заготовка; 2 - резцовая головка; nз - направление вращения заготовки; nр - направление вращения резцовой головки.