

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный
технический университет»



Е.Н. Некравцев А.П. Будник А.М.Чашников

КОНСТРУКЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ОБОРУДОВАНИЕМ

Часть 3

Утверждено Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

Воронеж 2022

УДК 621.313

Некравцев Е.Н. Конструкция и управление технологическим оборудованием: учеб. пособие / Е.Н. Некравцев, А.П. Будник, А.М. Чашников. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. Ч. 3. 133 с.

В третьей части учебного пособия рассмотрено шлифовальное, резьбообрабатывающее, зубообрабатывающее, затыловочное, заточное и отрезное технологическое оборудование различных схем и компоновок. Приведены примеры вариантов управления на основании кинематических и гидравлических схем. Описаны типы систем числового программного управления станками. Представлены основные узлы и агрегаты станков. Определены типы производств, на которых наиболее предпочтительно использование описываемого оборудования.

Издание соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 160100.65 «Самолето- и вертолетостроение», дисциплине «Конструкция и управление технологическим оборудованием».

Учебное пособие подготовлено в электронном виде в текстовом редакторе Microsoft Word 2003 и содержится в файле «Часть 3.doc».

Ил. 107. Библиогр.: 2 назв.

Научный редактор канд. техн. наук, доц. Н.В. Лосев

Рецензенты: филиал ОАО «Научно-производственная корпорация «Иркут» в г. Воронеже (директор В.Л. Паргачев);
канд. техн. наук, доц. В.В. Самохвалов

© Некравцев Е.Н., А.П. Будник,
Чашников А.М., 2013

© Оформление. ФГБОУ ВПО
«Воронежский государственный
технический университет», 2013

ВВЕДЕНИЕ

Данное Учебное пособие в основном предназначено для использования студентами специальности 160201 и 340100 «Самолёто и вертолетостроение», также им могут пользоваться и студенты других специальностей. Конспект лекций написан в соответствии с Государственным образовательным стандартом по данной специальности.

В учебном пособии рассмотрено шлифовальное, резьбообрабатывающее, зубообрабатывающее, затыловочное, заточное и отрезное технологическое оборудование различных схем и компоновок. Приведены примеры вариантов управления на основании кинематических и гидравлических схем. Описаны типы систем числового программного управления станками. Представлены основные узлы и агрегаты станков. Определены типы производств, на которых наиболее предпочтительно использование описываемого оборудования.

ГЛАВА 11. СТАНКИ ДЛЯ ОБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ (ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ).

11.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Шлифовальные станки - оборудование, использующее в качестве режущего инструмента абразивный или алмазный круг. Применение этих станков определяется высокими требованиями к качеству поверхности, точности размеров, формы и положения обрабатываемых поверхностей и возможностью обработки труднообрабатываемых материалов. На шлифовальные станки, как правило, поступают заготовки, предварительно обработанные на других станках с оставлением небольшого припуска под шлифование, величина которого зависит от требований к шероховатости и точности обработки.

Вид и конструкция шлифовального станка определяется схемой шлифования, учитывающей форму обрабатываемой поверхности (рисунок 11.1) и ее расположение относительно рабочей поверхности шлифовального круга (станки для шлифования периферией или торцом круга) при обработке, а также направлением движения подачи (продольно-шлифовальные и врезные шлифовальные станки), положением главного шпинделя (станки с горизонтальным или вертикальным шпинделями) и способу установки заготовки (центровые, патронные и бесцентровые станки).

Обрабатываемая поверхность	Шлифовальные станки
Плоская _____	Плоскошлифовальные, торцешлифовальные, продольно-шлифовальные
Цилиндрическая _____	Круглошлифовальные (центровые), бесцентрово-шлифовальные
Винтовая _____	Резьбошлифовальные
Обкатная (эвольвентная) _____	Зубошлифовальные
Фасонная _____	Профильношлифовальные

Рисунок 11.1. Классификация шлифовальных станков по форме обрабатываемой поверхности.

Для всех шлифовальных станков характерна высокая производительность, которая определяется высокоскоростным режимом шлифования, позволяющем снимать большой объем материала в единицу времени (до 500 мм³/мин на 1 мм ширины круга) и широкой автоматизацией цикла обработки. При силовом шлифовании величина удельного съема металла достигает 1200-2000 мм³/мин на мм ширины круга. Мощность привода главного движения шлифовального станка за-

висит от удельной мощности шлифования $P_{уд}$, приходящейся на 1 мм ширины круга B_k .

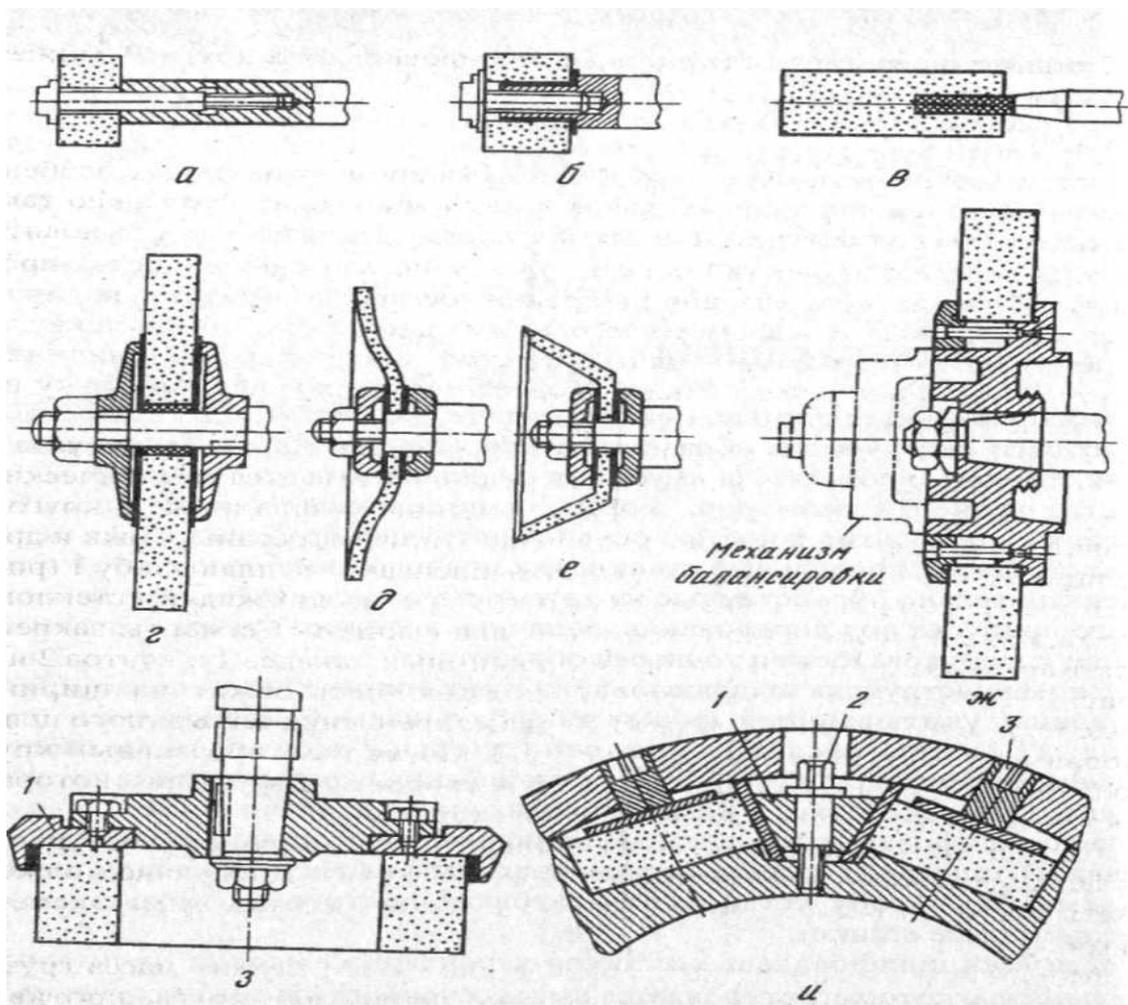


Рисунок 11.2. Способы крепления шлифовальных кругов: а - винтом с посадкой на винт; б - винтом с посадкой на шпильку; в - наклейка с посадкой на шпильку; г, д, е - фланцами непосредственно на шпинделе; ж - фланцами с помощью переходных втулок; з - наклейка на планшайбу 1; и - крепление сегментов зажимными клиньями 1 и винтами 2,3.

Средние значения $P_{уд}$ (КВт): черновое шлифование 0,12-0,18, получистовое шлифование 0,08-0,12, чистовое шлифование 0,04-0,07, силовое шлифование 0,25-0,75

Эффективная мощность привода шлифовального круга $P_э$ может быть рассчитана по формуле:

$$P_э = P_{уд} \cdot B_k \quad (11.1)$$

Для различных типов шлифовальных станков существуют особенности базирования и закрепления кругов на шпинделе. Это важно также по соображениям техники безопасности. Прежде чем установить круг, полагается провести проверку на звучность (однородность), проверить легкость насаживания на крепежное приспособление, наличие крепежных фланцев с диаметром, равным одной трети

диаметра круга, и перекрытием, равным одной шестой высоты круга, наличие эластичных прокладок, а также провести пятиминутную прогонку на станке на максимальных оборотах.

На рисунке 11.2 показаны варианты крепления шлифовальных кругов и их сегментов. Основным способом крепления является механический (рисунок 11.2 а...ж и рисунок 11.3). Между зажимными фланцами и кругом ставят прокладки из упругого материала (картона, резины, кожи и др.) толщиной 0,5-3 мм. Кольцевые круги наклеивают на планшайбу 1 (рис. 11.2, з). Наклеивание или заливку кругов производят жидким стеклом, серой, бакелитовым лаком, боббитом или свинцом. Сегменты закрепляют наклеиванием, или с помощью зажимных клиньев 1 и винтов 2 и 3 (рис. 11.2, и). При этом сегмент должен быть зажат на ширине (высоте), меньшей его толщины. Вариант крепления сегментного шлифовального круга показан на рис. 11.4. По нормам абразивный круг должен достичь минимальной окружной скорости разрушения, которая составляет 1,8-2,0 допустимой рабочей скорости.

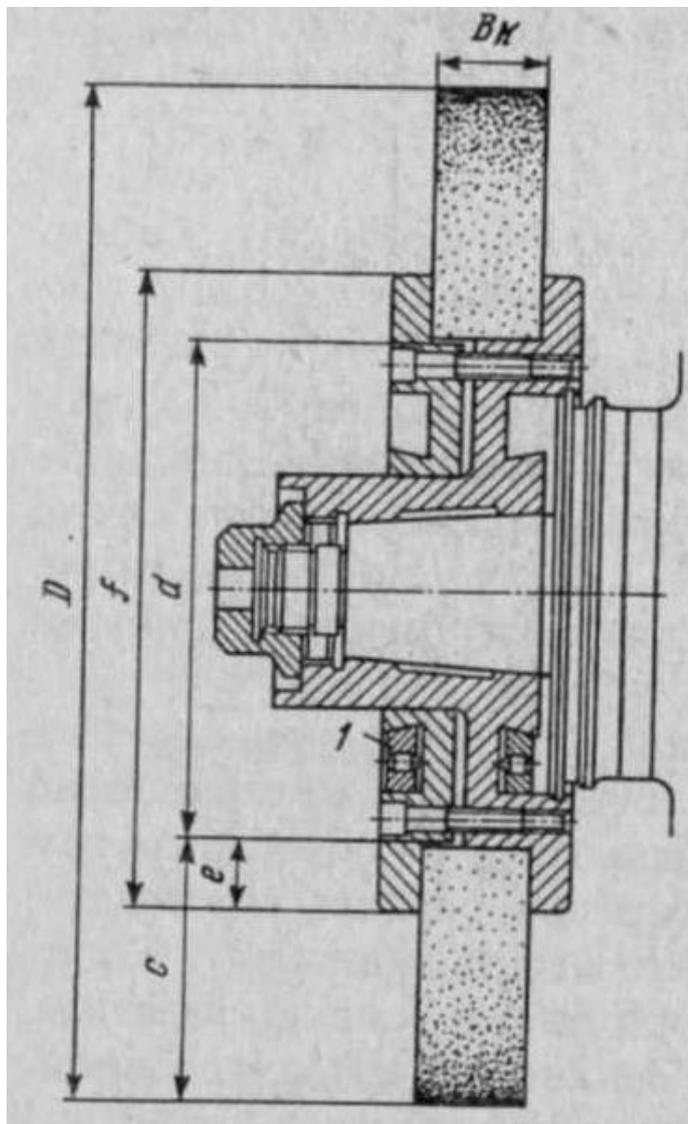


Рисунок 11.3. Крепление шлифовального круга: 1 – противовесы, B_k , с – ширина и высота шлифовального круга, d – внутренний диаметр фланца, e

- перекрытие ($e \geq c/6$), f – внешний диаметр фланца, D – диаметр шлифовального круга.

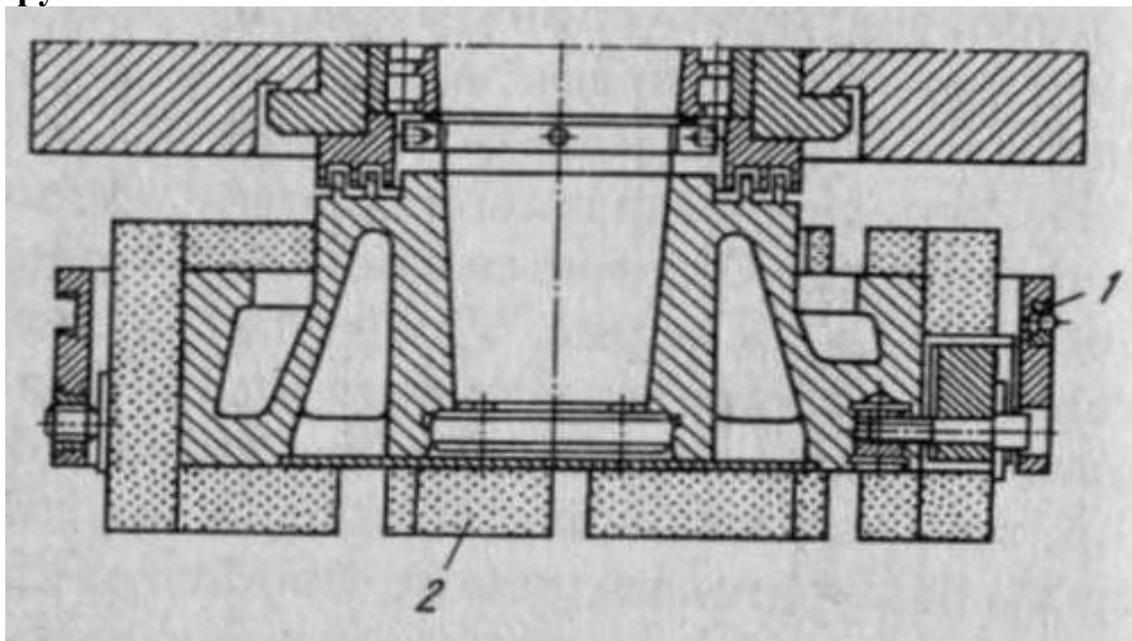


Рисунок 11.4. Крепление сегментного шлифовального круга: 1 – противовесы, 2 – шлифовальные сегменты.

Самую большую нагрузку на шлифовальный круг создают центробежные силы, вызванные дисбалансом круга. Дисбаланс должен быть устранен балансировкой круга в сборе с крепежными элементами.

Мерой статического дисбаланса ($г$ или $г\ см$) служит масса груза, который будучи сосредоточен в точке периферии круга, противоположной его центру тяжести, перемещает центр тяжести на ось вращения круга. Допустимый дисбаланс при поставке шлифовальных кругов в зависимости от диаметра при $B_k > 20$ мм не должен превышать 2—4% массы круга. Точность статической балансировки на балансировочных станках колеблется от 0,15 до 1,5 $г\ см$.

Для узких шлифовальных кругов (при отношении ширины круга B_k к его диаметру D менее 0,3) достаточно балансировки в одной плоскости - статической (рисунок. 11.5), которая осуществляется перемещением противовесов на фланце. При этом распределение масс вращающегося тела улучшается за счет приближения главной оси инерции тела к оси вращения. Круг 1 в сборе с планшайбой (фланцами) устанавливают на балансированную оправку 2, которая под действием неуравновешенности перекачивается по строго горизонтальным параллельным валикам 3, пока более тяжелая часть круга не оказывается внизу. Заметив это положение, за несколько попыток размещают сухари 4 в кольцевой выточке фланца таким образом, чтобы круг, повернутый на 90 градусов или другой угол, сохранял неподвижность.

Станки некоторых типов имеют механизм для ручной балансировки шлифовального круга во время работы станка без остановки вращения шпинделя. Балансировка производится перемещением по окружности с разными скоростями в одном и том же направлении грузов 1 и 2 (рис. 11.6) посредством рукояток 3 и 4.

Одному обороту грузов соответствует 128 оборотов рукоятки 4 или 64 оборота рукоятки 3 в направлении, противоположном вращению рукоятки 4. Для балансировки необходимо задержать рукой рукоятку 4 до тех пор, пока круг не будет уравновешен, что определяют с помощью вибрметра или по показаниям электронного индикатора, показывающего наименьший размах колебаний шлифовальной бабки. Широкие (B/D более 1,0-1,35) шлифовальные круги (например, для бесцентрового шлифования, в том числе составленные из набора кругов), рекомендуется подвергать динамической балансировке (в двух плоскостях) на балансировочной машине. Перед балансировкой круг правят на шлифовальном станке во избежание появления новых центров тяжести. Мерой динамического дисбаланса является амплитуда колебаний шпиндельного узла в мкм.

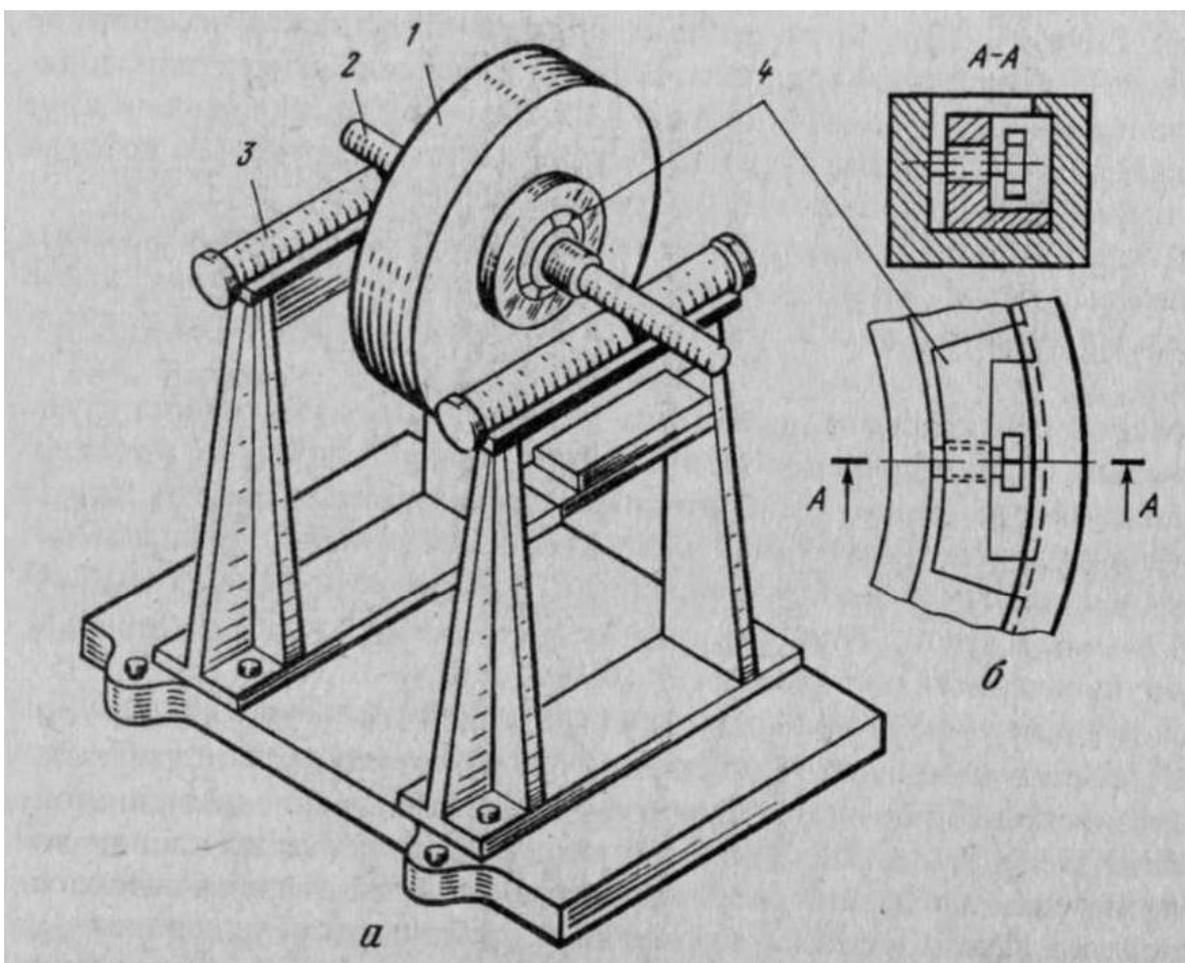


Рисунок 11.5. Стенд для статической балансировки шлифовальных кругов: а – вид со шлифовальным кругом и балансировочной оправкой, б – балансировочный сухарь - грузик, 1 – круг, 2 – балансировочная оправка. 3 – параллельные валики, 4 – сухари – грузики.

Пример конструкции устройства автоматической балансировки показан на рисунке 11.7, а. Для балансировки использованы три шара, расположенных вместе с зажимным приспособлением в кольцевом пазу шпинделя шлифовального круга. Уравновешивание производится под

действием моментов сил инерции свободно перемещающимися шарами, которые затем закрепляются. На рис. 11.7, б показано положение центра масс до балансировки и после нее. При балансировке круга 1 процесс шлифования прекращают, шпиндель 2 переводят с жестких подшипниковых опор на пружинные 3, снижая собственную частоту колебаний системы.

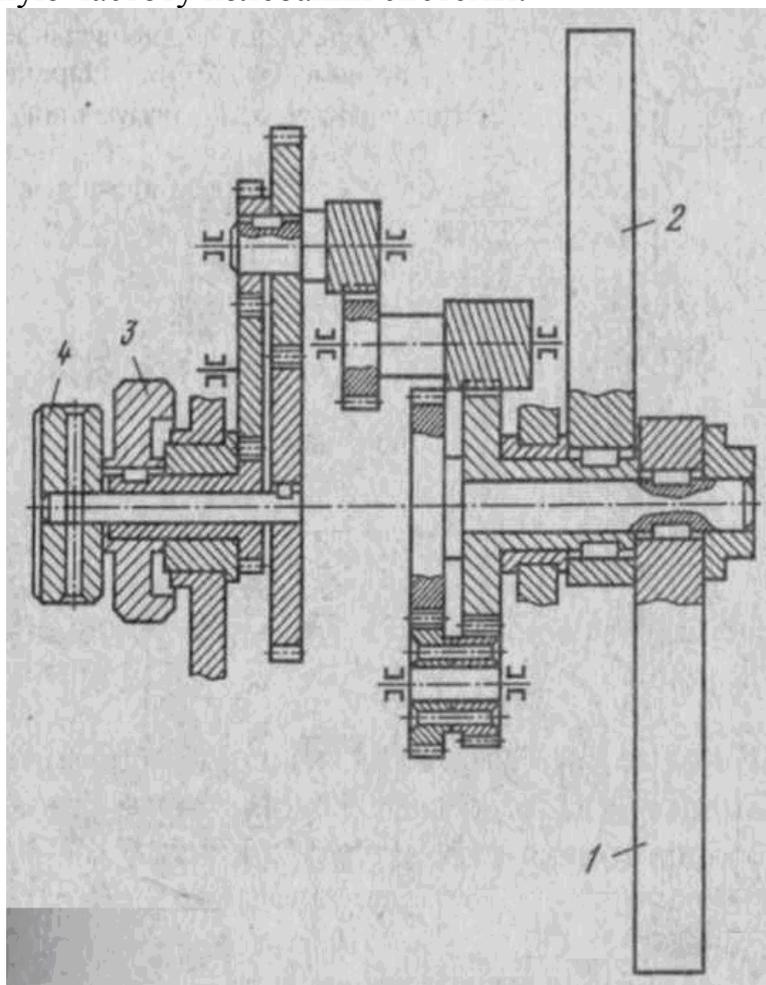


Рисунок 11.6. Кинематическая схема механизма для балансировки шлифовальных кругов: 1, 2 – грузы, 3, 4 – рукоятки.

Подачей масла в гидроцилиндр через отверстие в шпинделе освобождают шары (шток 4 гидроцилиндра вместе с зажимным грибком 5 смещается влево). Под действием возникающих центробежных сил $F_{ц}$, не совпадающих с реакциями F_p (схема I), шары самоустанавливаются в положении, соответствующие состоянию минимального дисбаланса (схема II). Затем полость гидроцилиндра переключается на слив и шары зажимаются грибком 5, перемещающимся под действием пружины 7 соосно крышке 6. Шпиндель переводится на жесткие подшипниковые опоры, после чего возможно шлифование. Остаточная амплитуда вибраций шпиндельного узла составляет 1-3 мкм, продолжительность автоматической балансировки (10 - 15 с) сокращается более чем в 20 раз по сравнению с обычной.

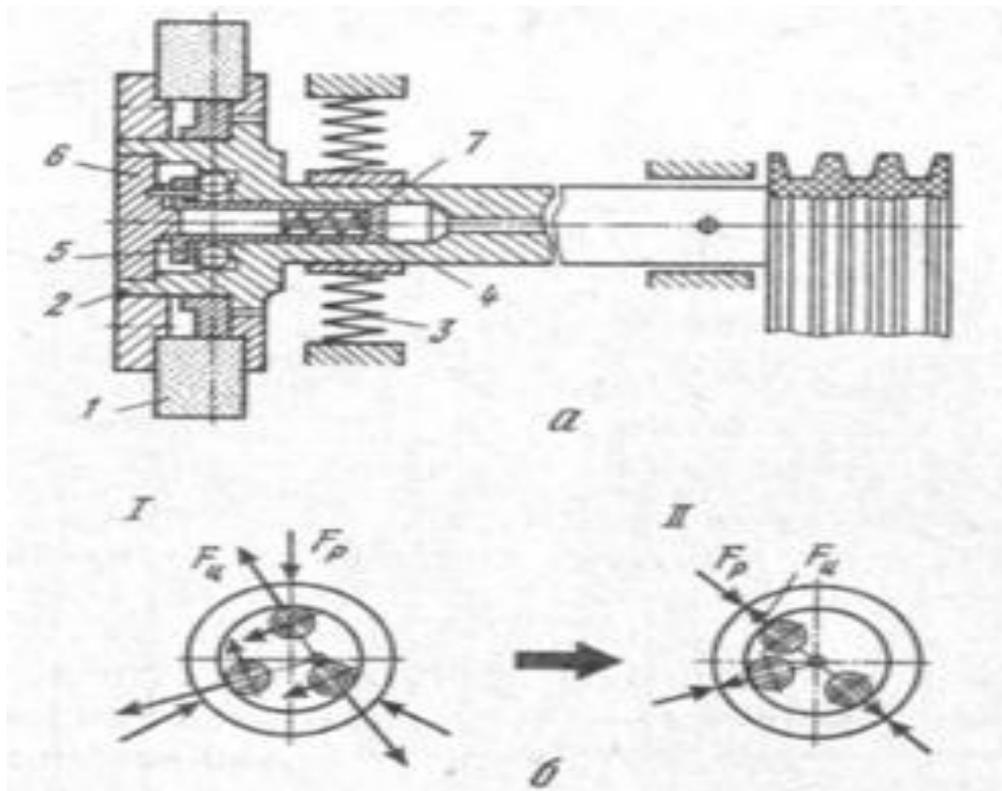


Рисунок 11.7. Схема автоматического устройства для балансировки кругов с шаровыми массами: а – конструкция, б – положение шаров и центра масс до и после балансировки, 1 – круг, 2 – шпиндель, 3 – пружинные опоры, 4 – шток гидроцилиндра, 5 – грибок зажимной, 6 – крышка, 7 – пружина.

Шлифовальные станки отличаются высокой точностью, позволяющей обеспечить высокое качество обработки, определяемое точностью размеров (2-4 мкм и точнее), формы (например, некруглость 0,3-0,5 мкм, нецилиндричность 1-2 мкм, неплоскостность 2 мкм) и расположения обрабатываемой поверхности, а также ее шероховатостью ($Ra = 0,63-0,16$ мкм). Это связано с тем, что на этих станках производится финишная, часто окончательная обработка заготовок. Точность размеров при шлифовании определяется малыми величинами глубины резания (0,05-0,005 мм и менее), что требует равномерного микроперемещения (подачи) узла, осуществляющего врезание рабочей поверхности круга в заготовку. Это обеспечивается применением в станке механизмов грубого и тонкого отсчета величины подачи на врезание, точного привода перемещения (например, шариковая винтовая пара) и направляющих качения узла, осуществляющего врезание. Широкое применение в шлифовальных станках шпиндельных узлов с бесконтактными опорами (гидро-, аэростатические, гидродинамические) также связано с требованиями высокой точности и стало возможным из-за относительно невысоких нагрузок при чистовом шлифовании.

Существенное влияние на конструкцию шлифовального станка и качество обработки оказывает правка круга, при которой восстанавливается его режущая способность и геометрическая форма. Необходимость правки круга обусловлена

его износом и засаливаемостью в процессе эксплуатации. Во время обработки правка производится относительно часто, что требует компенсации величины срезанного слоя для достижения требуемой точности размера обрабатываемой заготовки. Процесс правки проводят различными инструментами (рисунок 11.8, а...в). В качестве инструмента для правки используют алмазный карандаш, алмазные профилирующие ролики, бруски из сверхтвердых материалов типа кубического нитрида бора и т.п.

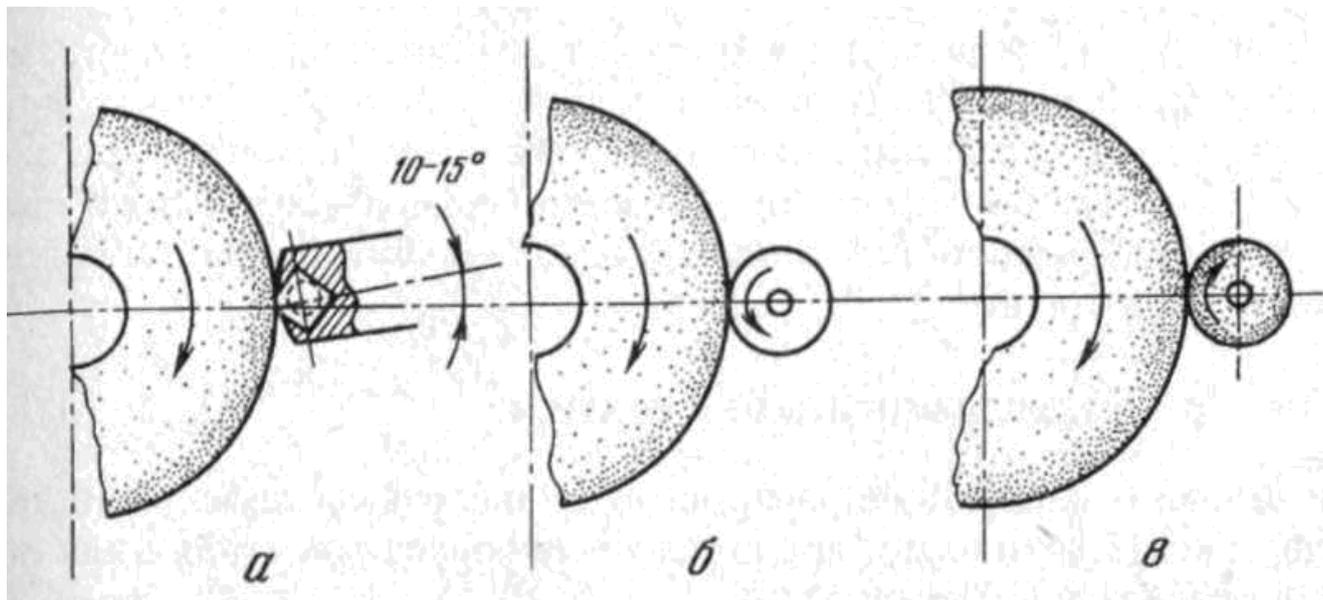


Рисунок 11.8. Способы правки шлифовальных кругов: а – алмазом в оправе (алмазным карандашом), б – алмазным роликом, в – твердосплавным роликом.

11.2. КОМПОНОВКИ И КОНСТРУКЦИИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ.

Схема шлифования отражает связь формы и размеров обрабатываемой поверхности (цилиндрическая, плоская, профильная) с формой и размерами рабочей поверхности абразивного инструмента (периферия, торец, чашечный круг и т.п.), а также показывает движения, необходимые для выполнения формообразования.

Главным движением в шлифовальном станке является вращение шлифовального круга. Движения подачи различны, и могут выполняться узлами, несущими как изделие, так и шлифовальный круг, что зависит от компоновки станка. Компоновка шлифовального станка определяется формообразованием (схемой шлифования) и способом ее реализации в станке.

11.2.1. ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ.

Различают следующие распространенные схемы плоского шлифования (рисунок 11.9) (плоско, продольно-шлифовальные станки для обработки плоских поверхностей):

- периферией круга с заготовкой, закрепленной на прямоугольном (рисунок 11.9, а) или круглом (рисунок. 11.9, в) столе,
- торцом круга с заготовкой, закрепленной на прямоугольном (рисунок 11.9, б), круглом (рисунок 11.9, д) или глобусном (рисунок 11.9, г) столах, а также обработка между торцами двух кругов (торцешлифовальные станки).

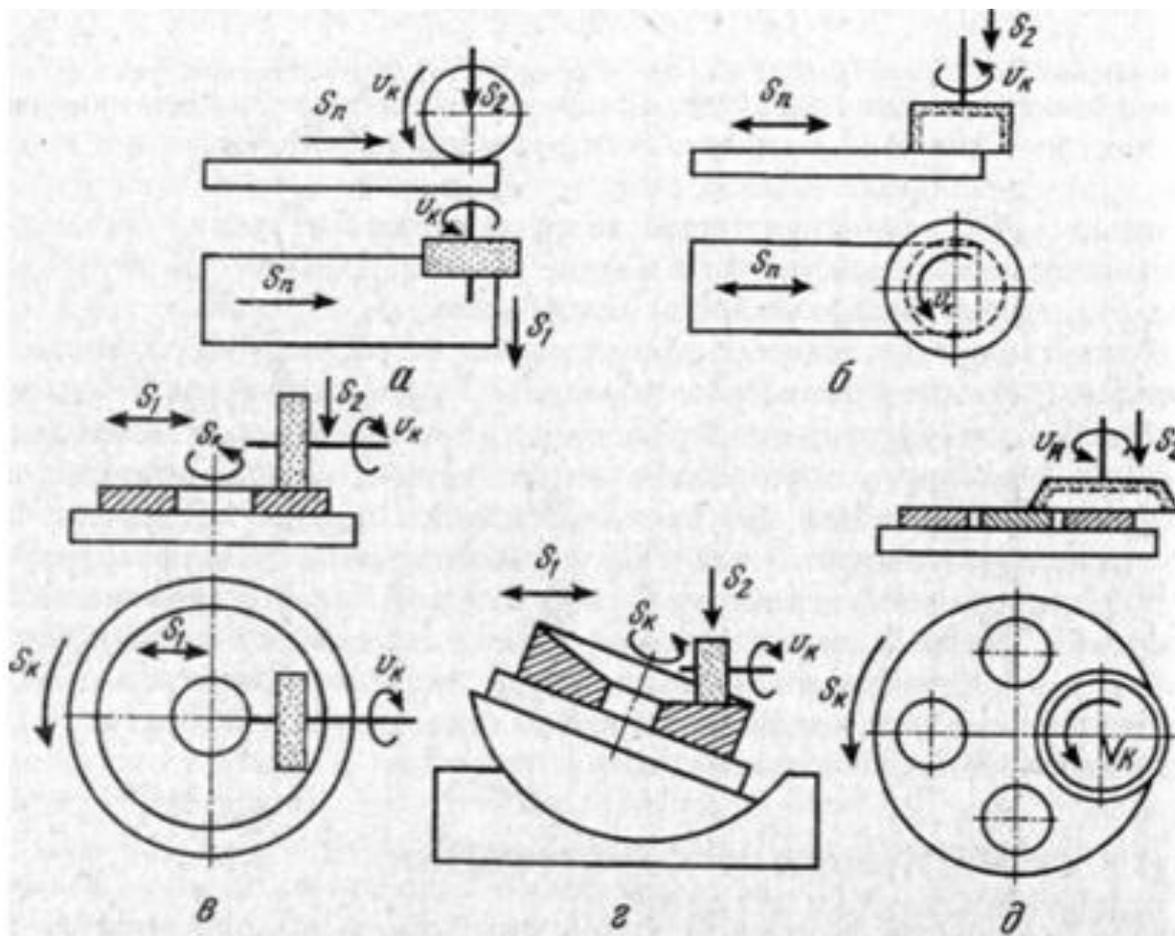


Рисунок 11.9. Схемы основных движений в плоскошлифовальных станках: а – шлифование периферией круга на прямоугольном столе, б – шлифование торцом круга на прямоугольном столе, в - шлифование периферией круга на круглом столе, г – шлифование на глобусном столе, д – шлифование торцом круга на круглом столе, V_k – главное движение вращения круга, S_n , S_k – движение продольной или круговой подачи заготовки, S_1 , S_2 – поперечное и вертикальное движение подачи.

Плоскошлифовальные станки классифицируют: *по расположению шпинделя* - на горизонтальные и вертикальные; *по форме стола* - с круглым и прямоугольным столом. Основным параметром, характеризующим плоскошлифовальные станки, является *размер стола*. Существует большое разнообразие компоновок плоскошлифовальных станков, реализующих различные схемы плоского шлифования (рисунок 11.10).

Общие виды плоскошлифовальных станков показаны на рисунке 11.11. Важными узлами плоскошлифовального станка являются опоры шпинделя. На рисунке 11.12 показаны четыре типа опор, применяемых в шлифовальных станках в зависимости от назначения станка. Например, при профильном шлифовании используется шпиндель, смонтированный в опорах качения с предварительным натягом подшипников. При шлифовании периферией круга предпочтение отдается гидродинамическим опорам, так как они обеспечивают высокую точность вращения и хорошее демпфирование. Комбинированные опоры являются сочетаниями опор качения и гидродинамических опор. Благодаря свойствам названных опор они могут успешно применяться при шлифовании периферией круга. Гидростатические опоры обладают небольшим трением, малым радиальным биением и высокой демпфирующей способностью.

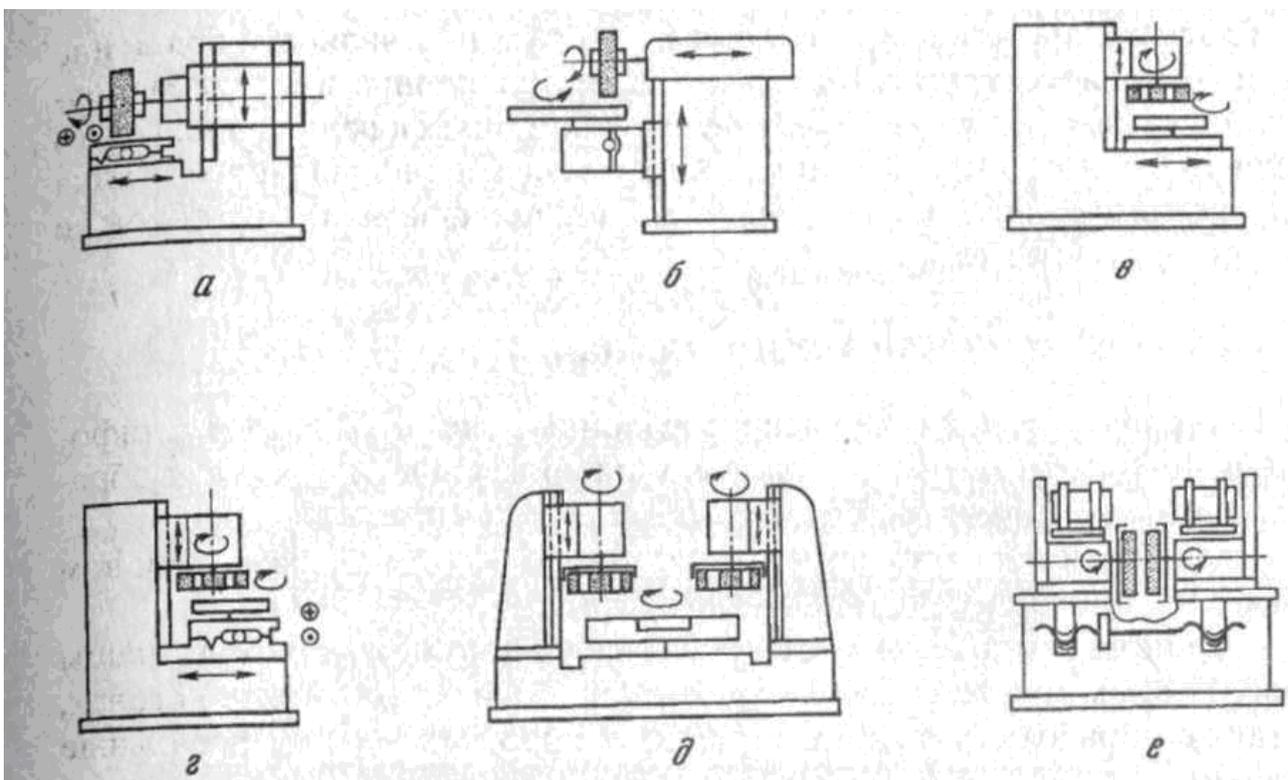


Рисунок 11.10. Компонки плоскошлифовальных станков: с горизонтальными шпинделями, работающими периферией шлифовального круга с прямоугольным (а) и круглым (б) столом, с вертикальными шпинделями, одношпиндельные, работающие торцом шлифовального круга с прямоугольным (в) и круглым (г) столом, двухшпиндельные станки, работающие торцом шлифовального круга с двумя вертикальными (д) и двумя горизонтальными (е) шпинделями.

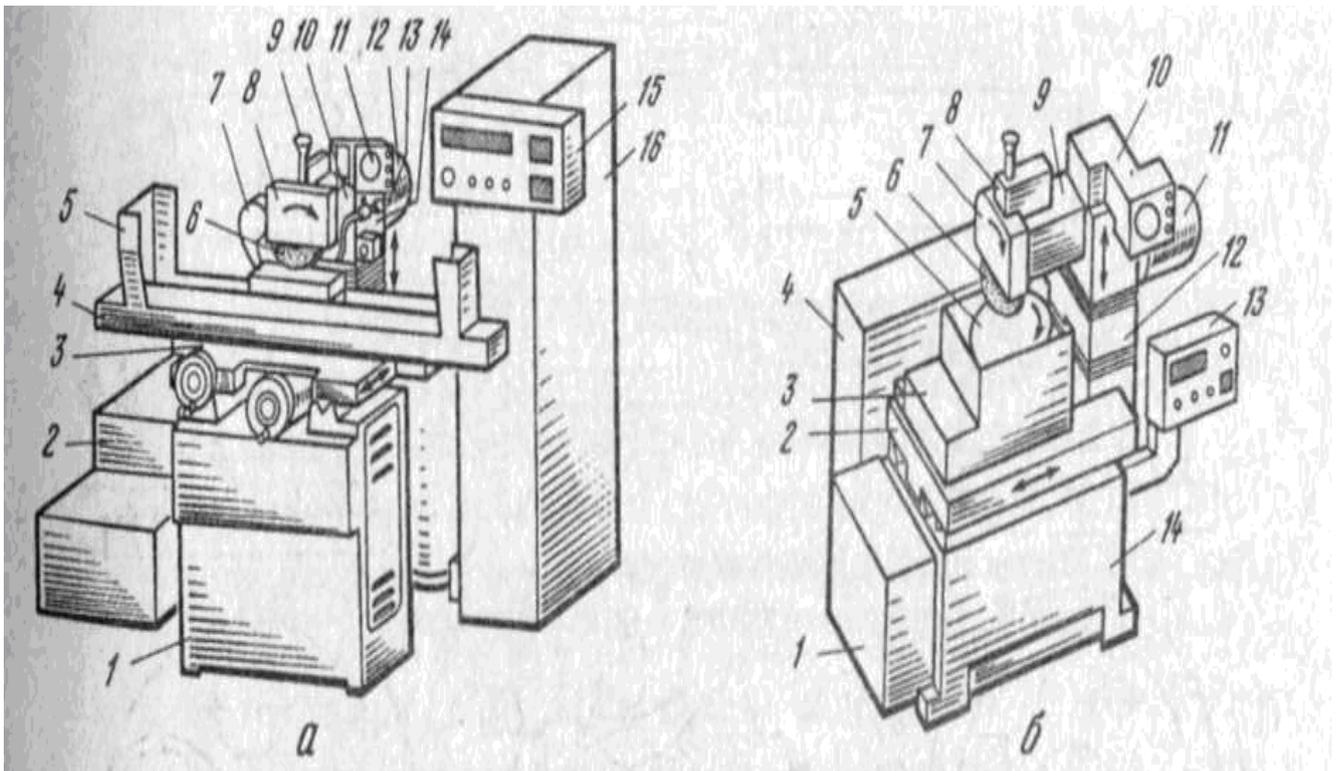


Рисунок 11.11. Плоскошлифовальные станки с горизонтальным шпинделем:

а – с прямоугольным столом: 1 – станина, 2 – устройство для подачи охлаждающей жидкости к шлифовальному кругу. 3 – крестовый (поперечный суппорт), 4 – стол шлифовального станка, 5 – щиток. 6 – шлифовальный круг, 7 – устройство для отсасывания пыли, 8 – защитный кожух, 9 – правильное устройство, 10 – шлифовальная бабка. 11 – маховичок ручной поперечной подачи, 12 – двигатель шлифовального шпинделя, 13 – трубопровод подачи охлаждающей жидкости. 14 – стойка, 15 – панель управления, 16 – шкаф управления;

б – с круглым столом: 1 – гидравлический агрегат, 2 – поперечный суппорт, 3 – защитный кожух шлифовального пространства, 4 – шкаф управления, 5 – круглый стол, 6 – шлифовальный круг, 7 – защитный кожух, 8 – правильное устройство, 9 – шлифовальная бабка, 10 – маховичок ручной поперечной подачи, 11 – двигатель шлифовального круга, 12 – стойка, 13 – панель управления, 14 – станина.

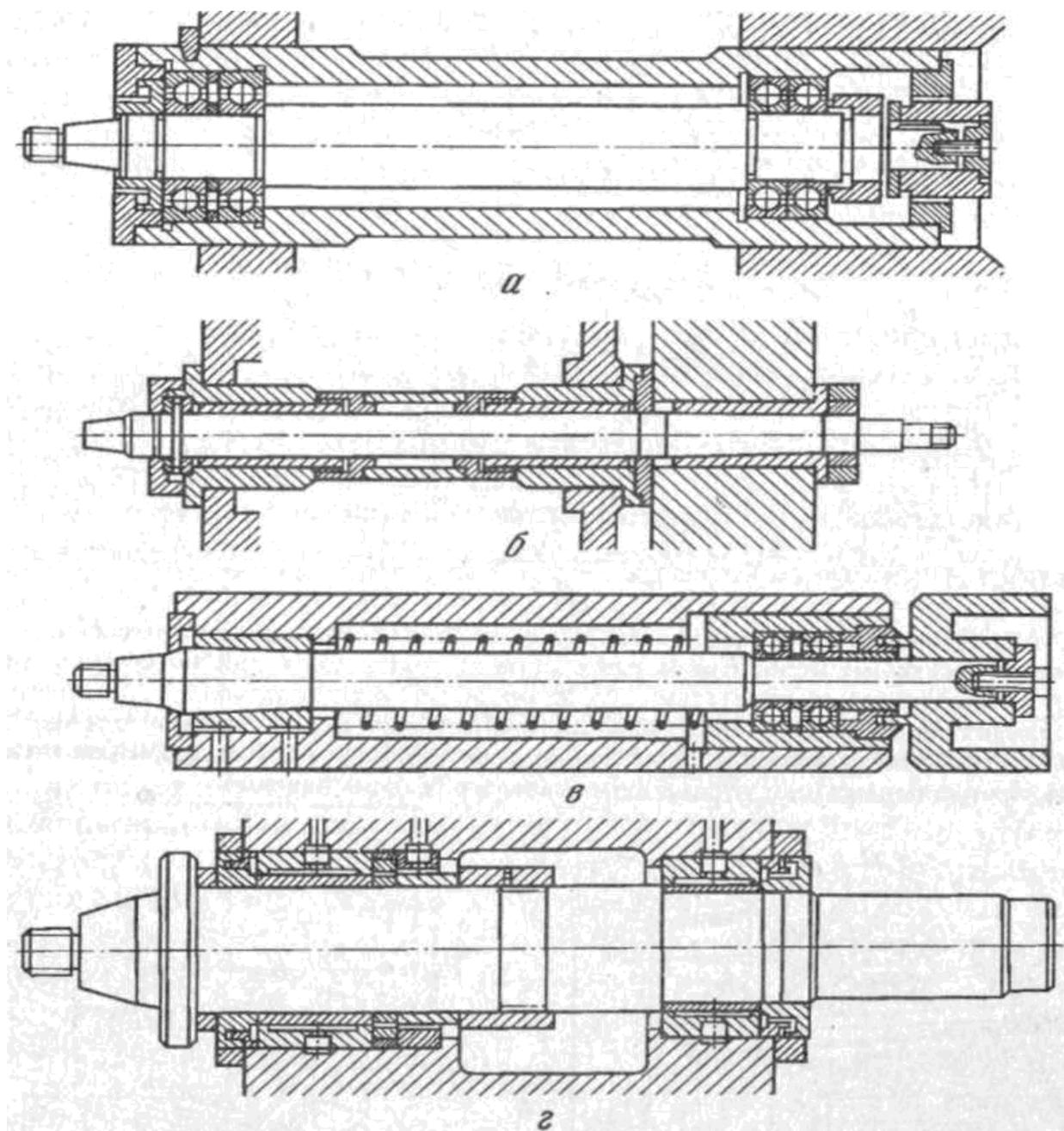


Рисунок 11.12. Опоры шлифовального шпинделя: а – качения, б - гидродинамические, в – комбинированные, г – гидростатические.

Плоскошлифовальный станок мод. ЗЕ711В

Плоскошлифовальный станок мод. ЗЕ711В с прямоугольным столом и горизонтальным шпинделем предназначен для обработки плоских поверхностей заготовок периферией круга. Класс точности станка В.

Технические характеристики станка

Размеры рабочей поверхности стола (длина x ширина) мм 630 x 200

Пределы скоростей:

- продольного перемещения стола, м/мин 2-35

- поперечного перемещения крестового суппорта, м/мин 0,01-1,5

- Пределы вертикальных подач шлифовальной головки, мм 0,001-0,09
Габаритные размеры станка, мм 2700 x 1775 x 1910

К станине А (рисунок 11.13) крепится колонна Б. По горизонтальным направляющим качения станины перемещается в поперечном направлении крестовый суппорт В со столом Д, совершающим продольное возвратно-поступательное движение. По вертикальным направляющим качения колонны Б движется шлифовальная головка Г. В станине расположены механизмы Е и Ж вертикальной и поперечной подачи, а также гидропривод станка.

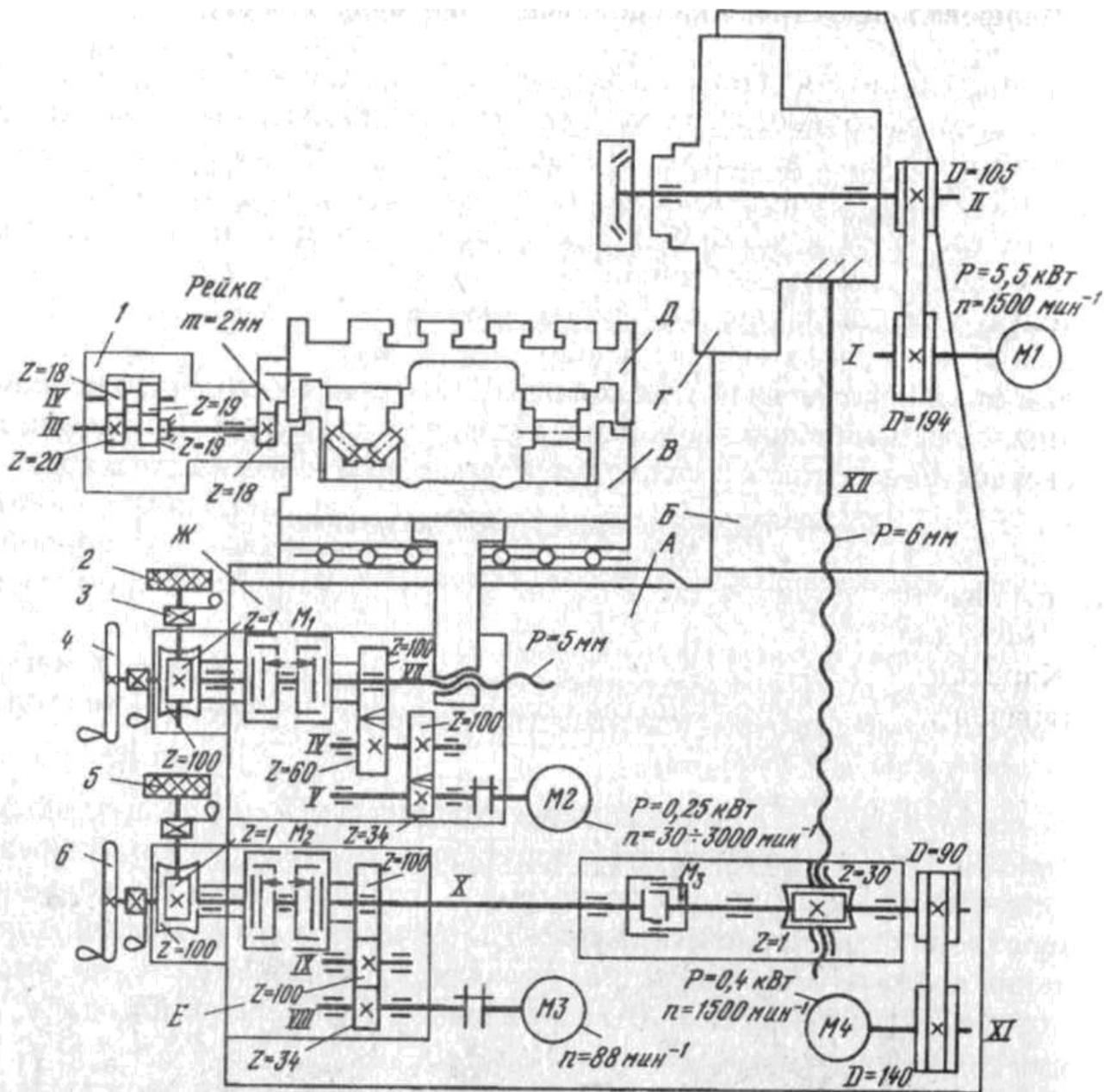


Рисунок 11.13. Кинематическая схема плоскошлифовального станка модели 3E711B: А – станина, Б – колонна, В – крестовый суппорт, Г – шлифовальная головка, Д – стол, Е, Ж – механизмы вертикальной и поперечной подачи.

Главное движение шлифовальный круг получает от электродвигателя М1 ($P = 5,5$ кВт, $n = 1500$ 1/мин) через поликлиновую ременную передачу. Шпиндель II смонтирован в многоклиновых гидродинамических подшипниках с самоустанавливающимися вкладышами.

Поперечная подача крестового суппорта осуществляется от электродвигателя постоянного тока М2 ($P = 0,25$ кВт, $n = 30-3000$ 1/мин) через косозубые колеса 34-100, 60-100 и ходовой винт VII. При сцеплении муфты М1 с цилиндрическим колесом $z = 100$ происходит автоматическая подача (непрерывная или прерывистая) на каждый ход стола (или двойной ход стола). Для получения прерывистой продольной подачи при реверсе стола двигателю М2 дается команда от бесконтактного путевого выключателя. Ручная грубая и тонкая поперечные подачи осуществляются при включении муфты М₁ влево и включении в работу червячного колеса $z = 100$. Тонкую ручную подачу получают при вращении лимба 2 через червячную пару 1-100; грубую ручную подачу осуществляют маховичком 4 (червяк $z = 1$ при этом выводится из зацепления рукояткой 3).

Продольная подача стола происходит от гидропривода; скорости регулируются бесступенчато. Ручную продольную подачу осуществляют маховичком 1 со встроенным в него планетарным механизмом. Сателлиты $z = 18$ и $z = 19$ обкатываются вокруг неподвижного центрального колеса $z = 19$ и через другое центральное колесо $z = 20$ вращение передается на реечное колесо $z = 18$ и рейку. Планетарная передача значительно снижает величину перемещения на один оборот лимба.

Вертикальная подача шлифовальной головки осуществляется от шагового электродвигателя М3 в момент реверса стола или крестового суппорта. Вращение передается ходовому винту XII при включенной муфте М₂ вправо через колеса 34-100-100, карданный вал X, включенную электромагнитную муфту М₃ и червячную пару 1-30. Ручные (грубая и тонкая) вертикальные подачи осуществляются аналогично поперечным ручным подачам маховичком 6 по лимбу 5.

Быстрые установочные перемещения шлифовальной головки происходят от асинхронного электродвигателя М4 ($P = 0,4$ кВт, $n = 1500$ 1/мин) при отключенной муфте Л/3.

Шлифовальные станки для шлифования направляющих

Направляющие являются ответственными элементами станка, так как влияют на точность и долговечность. Причем расположены они на крупногабаритных деталях - станинах, стойках. И даже если направляющие станка выполняют накладными, то к посадочным поверхностям станин для установки таких направляющих предъявляются высокие требования по точности. Поэтому особо выделим станки, используемые для шлифования направляющих. Как правило, это продольно-шлифовальные станки порталной компоновки (рисунок 11.14), обладающие большой статической и динамической жесткостью. К основанию 1 станка привинчен портал 2, который состоит из двух стоек и траверсы (поперечины). Заготовки устанавливаются на столе 4 станка и переносятся вместе с ним. При шлифовании направляющих точность движения стола должна быть высокой, так

как отклонения обработанных направляющих не должны превышать нескольких микрометров на 1 метр длины.

Каретки с кругами, размещенные на шлифовальных бабках 3, могут устанавливаться под различными углами относительно плоскости стола таким образом, чтобы более производительнее обработать различные грани направляющих. С помощью набора профильных кругов шириной до 500 мм за одну технологическую операцию можно отшлифовать, например, станину токарного станка. Профили кругов можно править устройством правки по шаблону с помощью профильного устройства. На универсальных станках для шлифования направляющих используют широкую автоматизацию отдельных процессов, например, правки кругов, балансировки, толчковой подачи на врезание, автоматизацию отключения установочных движений при контакте круга с заготовкой. На рисунке 11.15 показаны схемы обработки типичных форм направляющих станин.

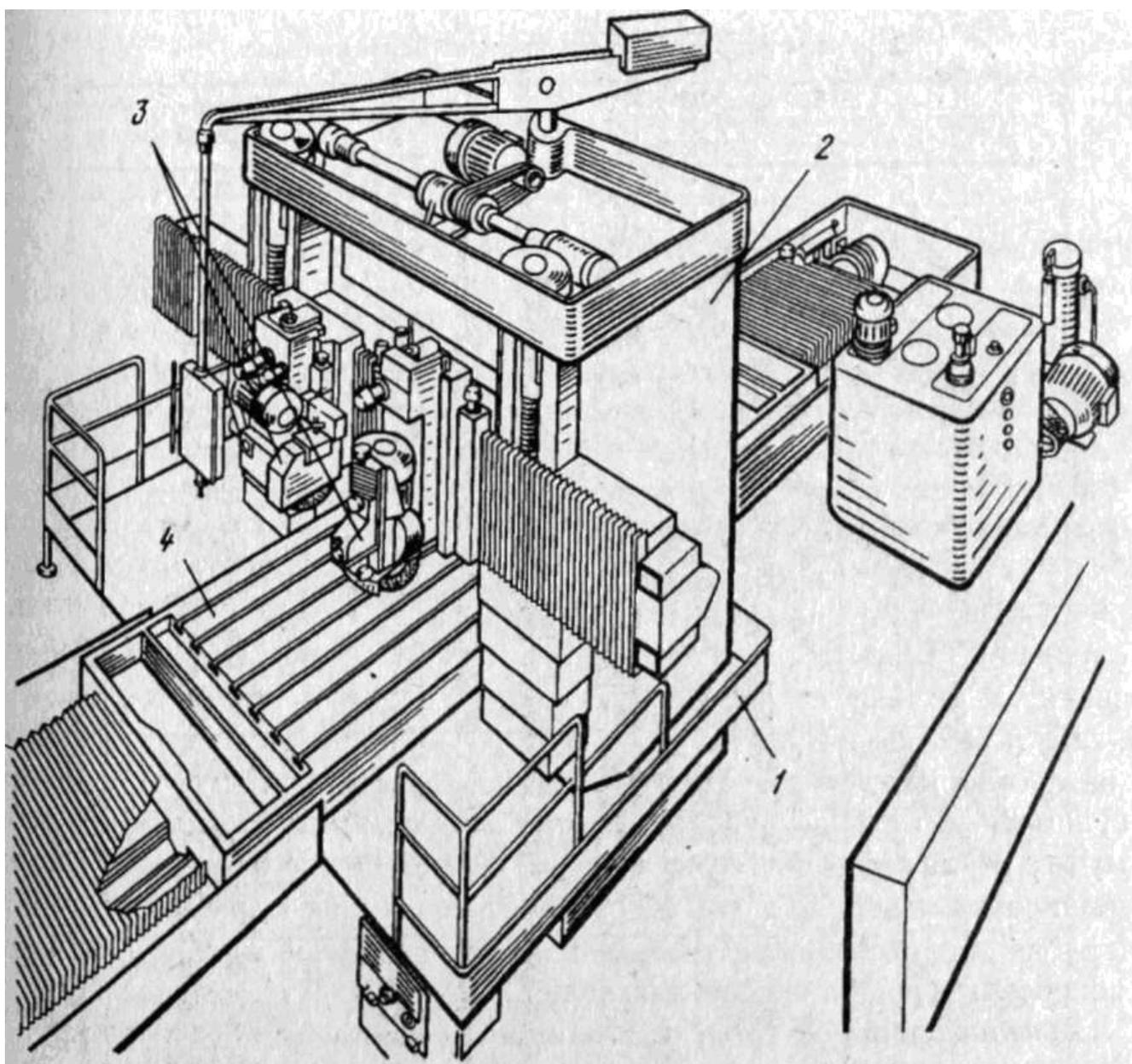


Рисунок 11.14. Портальный станок для шлифования направляющих.

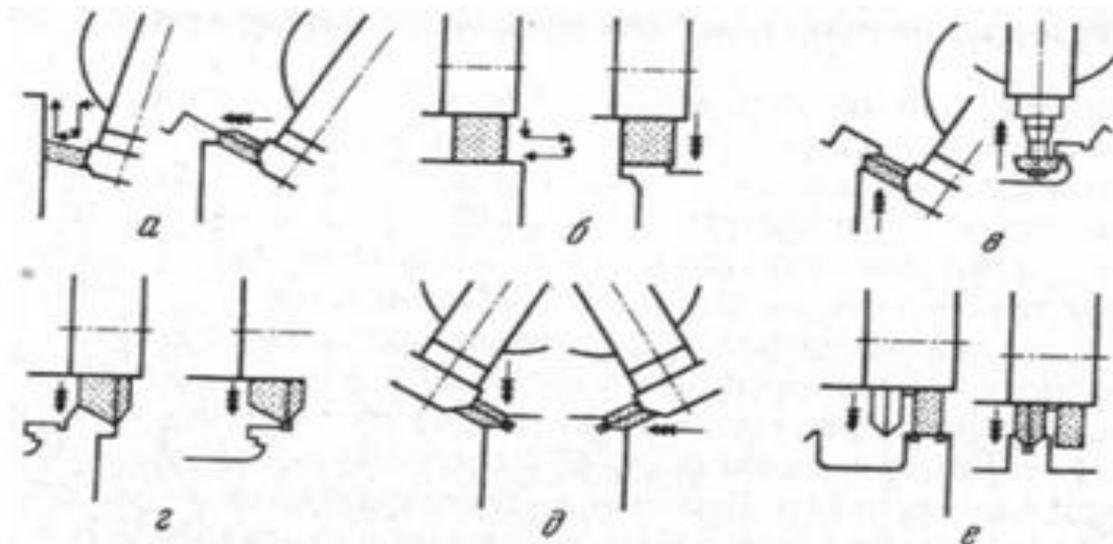


Рисунок 11.15. Типовые элементы направляющих и их обработка шлифованием: а – плоские поверхности направляющих с профильными шлифовальными кругами, б – плоские поверхности направляющих с кругами для периферийного шлифования, в – направляющая с нижним ползком, г – призматическая направляющая, д – направляющая в форме ласточкиного хвоста. е – призматические и плоские направляющие с набором шлифовальных кругов.

Часто при шлифовании направляющих требуется не прямолинейное, а бочкообразное шлифование по вогнутой поверхности в соответствии с определенной формой кривой зеркала направляющих. Для этих целей современные станки оснащают копировальными устройствами, разрешающая способность которых позволяет получить кривизну направляющих от 2 мкм.

11.2.2. КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Круглое шлифование по характеру использования движений подач разделяется на способы продольного (рисунок 11.16, а) и врезного (рисунок 11.16, б) шлифования. Базирование заготовки производится в центрах. Круглошлифовальные станки предназначены для наружного шлифования гладких и прерывистых цилиндрических поверхностей вращения, а также торцовых поверхностей. Универсальные круглошлифовальные станки, обеспечивают поворот рабочего стола на небольшой угол (до 6 град), а также передней и шлифовальной бабок вокруг вертикальных осей, что позволяет вести обработку конусов. Кроме этого, универсальные станки обычно снабжены дополнительной бабкой для шлифования отверстий.

Основными размерными характеристиками станков является наибольший диаметр устанавливаемой заготовки и ее длина. Технологические возможности круглошлифовального станка (рисунок 11.17) определяются высотой центров, максимальным диаметром шлифовального круга и длиной шлифования. В машиностроении применяются станки с высотой центров от 100 до 1600 мм,

диаметром шлифовального круга до 1000 мм и длиной шлифования от 150 до 1250 мм. Шлифовальные станки работают по полуавтоматическому и автоматическому циклу.

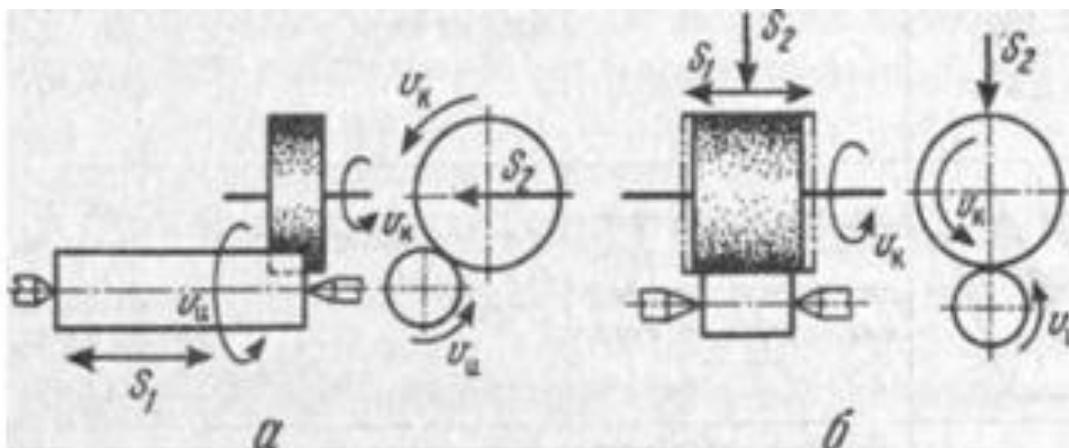


Рисунок 11.16. Схемы шлифования на круглошлифовальных станках: а – продольное, б – врезное шлифование, $V_{из}$ – круговая подача изделия, S_1 – продольная подача изделия, S_2 – поперечная подача, V_k – скорость вращения круга.

Круглошлифовальный полуавтомат мод. ЗМ151Ф2

Круглошлифовальный полуавтомат мод. ЗМ151Ф2 с ЧПУ предназначен для шлифования гладких и прерывистых цилиндрических поверхностей ступенчатых валов в условиях мелкосерийного и серийного производства. Класс точности станка П.

Технические характеристики станка

Наибольшие размеры станавливаемой заготовки, мм

-диаметр

200

-длина

700 20-85

-диаметр заготовки, шлифуемой с

50-

активным контролем

Частоты вращения заготовки,

500

1/мин (регулируются бес-

ступенчато)

Скорость шлифовального круга

50

не более, м/с Рабочие по-

дачи шлифовальной бабки (мм/мин)

1,2

0,2-

для:

-предварительной обработки

0,1-

-окончательной обработки

0,6

-доводочные

Скорость быстрого подвода шлифовальной бабки, мм/мин Скорость перемещения стола, м/мин (число ступеней 10) Габаритные размеры отанка, мм

На станке применяется специализированное устройство ЧПУ, предназначенное для шлифовальных станков. Программу вводят с по-ощью декадных переключателей; размеры задаются в абсолютных начениях. По программе можно

шлифовать до восьми ступеней заготовки. Число программируемых координат две, работа выполняется последовательно по каждой координате. В станке имеется два основных измерительных устройства и соответствующие им корректирующие системы - для определения отклонения размеров заготовки и круга.

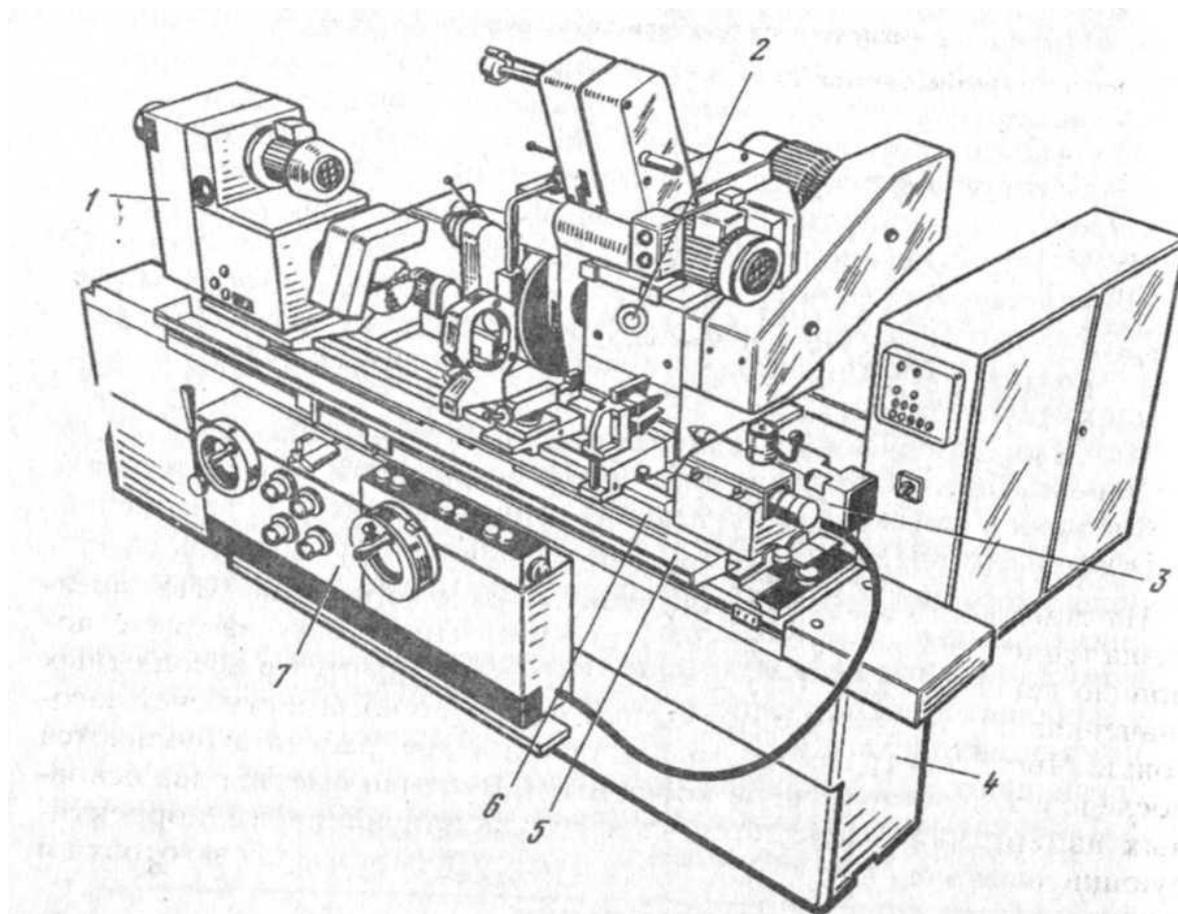


Рисунок 11.17. Основные унифицированные узлы круглошлифовального станка: 1 - передняя бабка; 2 - шлифовальная бабка, 3- задняя бабка; 4 - станина, 5 - салазки; 6 - стол; 7 - пульт управления.

Контроль износа круга по диаметру (контроль по координате x) (рисунок. 11.18) производится косвенным путем при измерении заготовки в процессе обработки прибором активного контроля. Контроль базового торца заготовки (контроль по координате z) прибором осевой ориентации необходим для привязки заготовки к координатной системе станка например, в случае изменения глубины зацентровки). В момент касания детали щупом этого прибора осуществляется коррекция "нуля" датчика положения стола. Дискретность перемещения по координате x - 0,001 мм; по координате z - 0,1 мм. Устройство ЧПУ оснащено цифровой индикацией, показывающей положение рабочих органов и ход выполнения технологических команд.

Главное движение (рис. 11.18). Шпиндель шлифовального круга получает вращение от асинхронного электродвигателя М2, через клиноременную передачу.

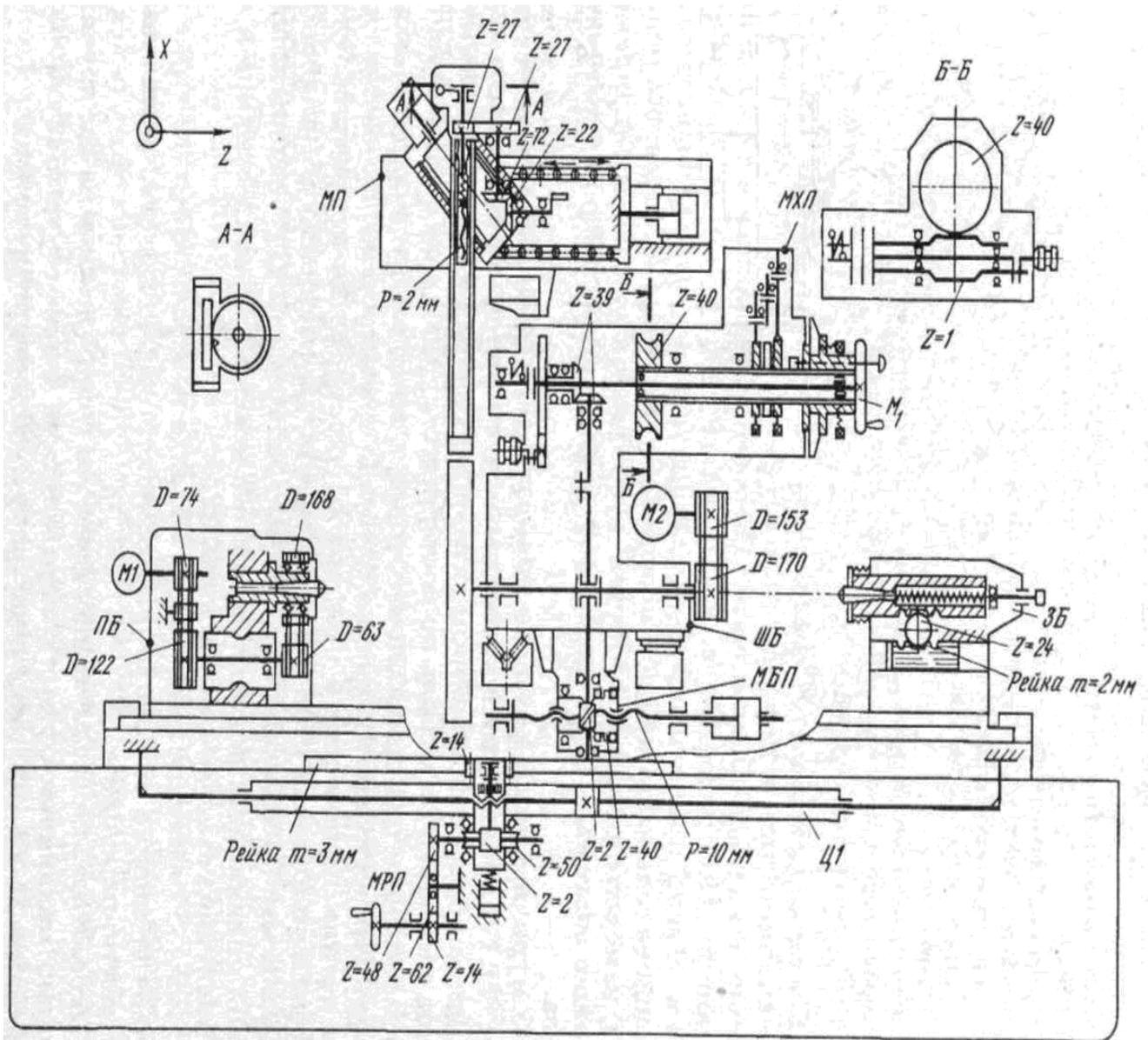


Рисунок 11.18. Кинематическая схема круглошлифовального станка.

Перемещение стола осуществляется гидроцилиндром Ц1 или с помощью механизма ручного перемещения стола от маховичка через передачи 14-62-48, червячную пару 2-50 и реечную передачу (колесо 2 = 14). При перемещении стола от гидропривода механизм ручного перемещения стола автоматически выключается.

Вращение заготовки осуществляется от электродвигателя постоянного тока М1 через две клиноременные передачи. Заготовка вращается от поводка планшайбы.

Механизм поперечных подач обеспечивает быструю подачу, снижающуюся в ходе цикла в 2 раза, рабочую подачу и установочное Ручное перемещение шлифовальной бабки. Установочный подвод выполняют маховичком M_x , через конические колеса 39-39, червячную пару 2-40 и пару винт-гайка качения с шагом p - 10 мм

Задняя бабка. Осевой отвод пиноли 0 задней бабки производится вручную поворотом вала-шестерни 3 или с помощью гидропривода при перемещении поршня-рейки 4. Заготовка зажимается в центрах пружиной.

Шпиндель 1 *шлифовальной бабки* (рисунок 11.19) установлен в двух гидродинамических подшипниках с самоустанавливающимися вкладышами. В осевом направлении шпиндель фиксируется сферическими бронзовыми шайбами 2 и 3, прижатые к бурту шпинделя гайкой 4. Иногда в качестве опор шпинделя используют подшипники качения и гидростатические подшипники. Шлифовальная бабка, осуществляющая движение врезания, перемещается по направляющим качения. Для особо точных станков применяют гидростатические направляющие.

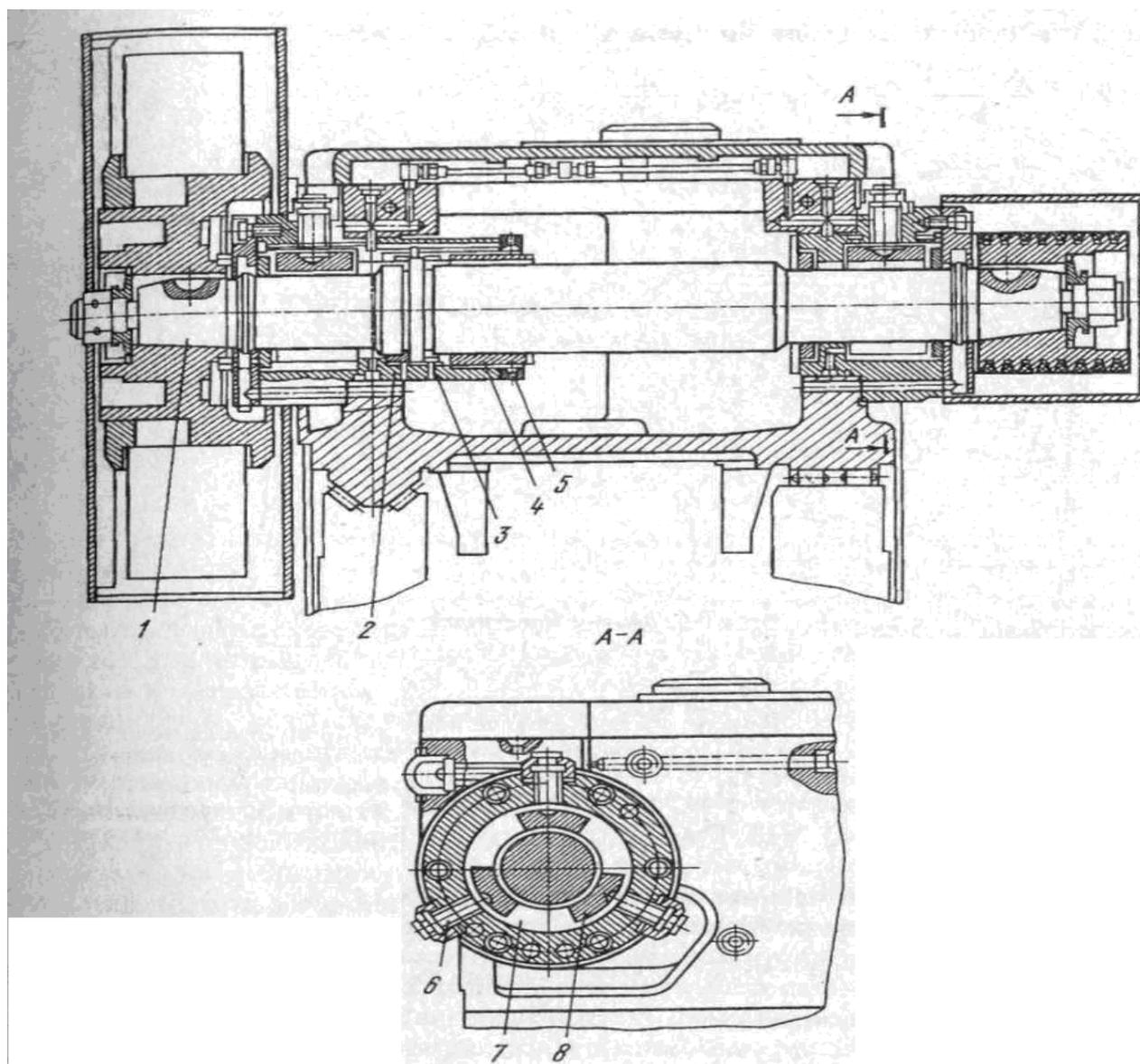


Рисунок 11.19. Шлифовальная бабка станка модели 3М121: 1 – шпиндель, 2, 3 – сферические шайбы осевой фиксации шпинделя, 4 – гайка, 5 – контргайка. 6 – винты, 7 – масляный клин, 8 – вкладыши..

На рис. 11.19 представлен прибор для правки шлифовального круга. На корпусе 1 установлены продольные направляющие 2, по которым перемещается каретка 3. Каретка имеет роликовые крестообразные поперечные направляющие 8, расположенные под углом 45 градусов к оси шпинделя, по которым перемещается суппорт 13, контактирующий с копиром 15. Копир может иметь гладкую или ступенчатую форму. Каретка приводится в движение штоком 21 гидроцилиндра. В суппорте размещена пиноль 18 с алмазодержателем 19, перемещаемая в осевом направлении винтом 12, который поворачивается либо вручную маховичком 20, либо плунжером гидроцилиндра 4 через храповой меха зм с храповым колесом 6, обеспечивая врезание алмазного карандаша в круг.

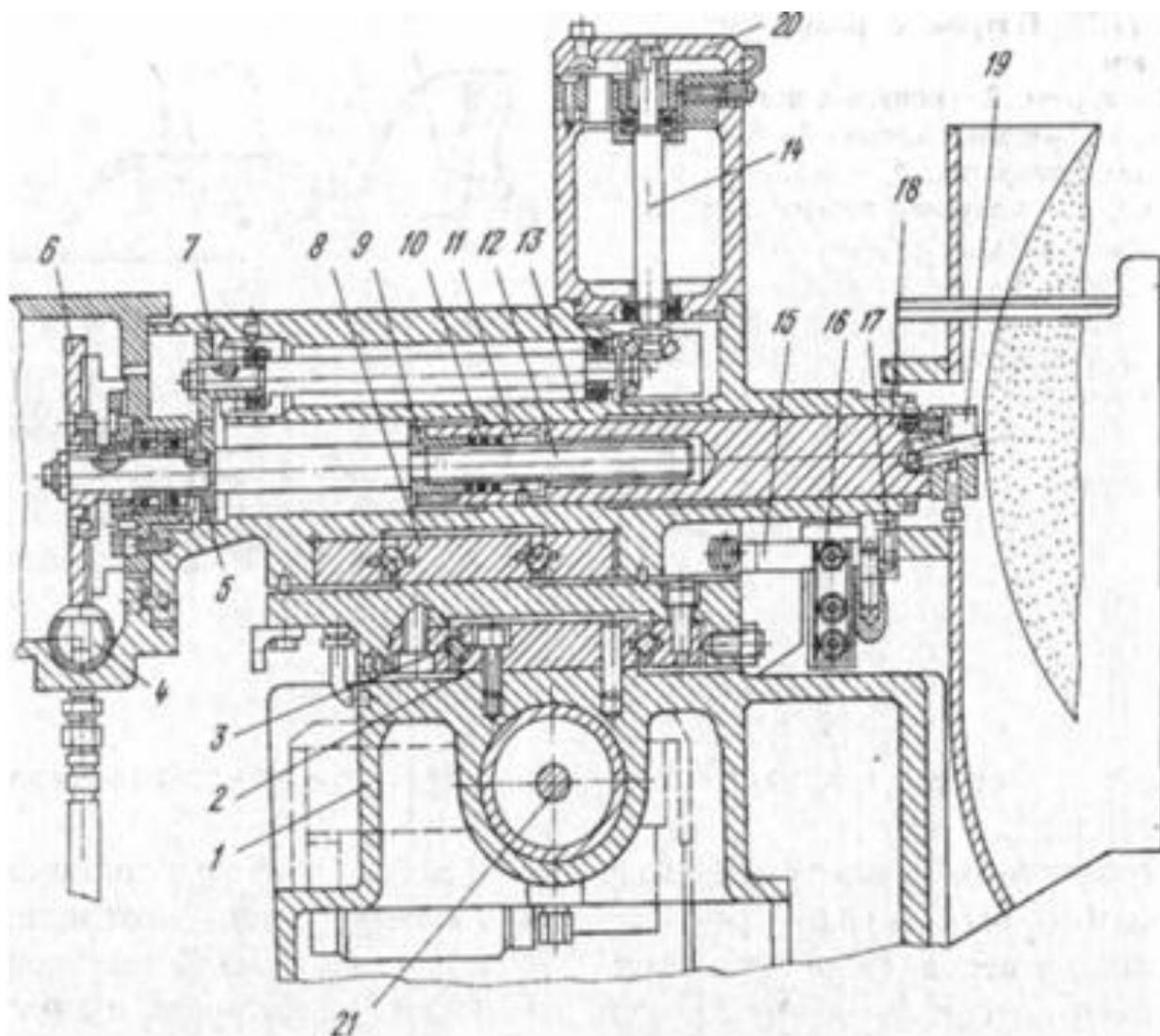


Рисунок 11.19. Прибор для автоматической правки шлифовального круга станка модели ЗМ151: 1 – корпус, 2 – продольные направляющие. 4 – каретка, 5, 7 – зубчатые колеса, 6 – храповое колесо, 8 – поперечные направляющие, 9, 11 – полугайки, 10 – пружина, 12 – ходовой винт, 13 – суппорт, 14 – вал, 15 – копир, 16, 17 – винты тонкой регулировки копира, 18 – пиноль, 19 – алмазодержатель, 20 – маховичок, 21 – шток гидроцилиндра.

Приспособления, применяемые при обработке на круглошлифовальном станке, служат для базирования и закрепления заготовки, а также для передачи ей вращения. К ним относятся различные центровые и консольные оправки, центры, зажимные патроны, люнеты, поводковые устройства и др. Основными требованиями, предъявляемыми к этим приспособлениям, является недопущение деформаций заготовки во время закрепления и автоматизация процесса установки и закрепления заготовки.

Патрон с роликовым зажимом представлен на рисунке 11.20 и служит для зажима цилиндрических заготовок по наружной поверхности. Основная деталь патрона - корпус 1 имеет фланец с центрирующим пояском 2 и отверстиями 14 для крепления к планшайбе станка. Рабочая часть корпуса патрона имеет наружную конусную поверхность и строго концентричное с пояском 2 отверстие 4, в которое вставляется обрабатываемая заготовка 8. Зажимное кольцо 5 расточено в соответствии с конусностью корпуса. Между корпусом 1 и зажимным кольцом 5 находится сепаратор 12 с роликами 11. Ролики располагаются под небольшим углом к оси патрона (угол наклона роликов обычно равен 1 град.). Для предохранения роликов от загрязнения с обеих сторон установлены защитные фетровые кольца 10, удерживаемые металлическими разрезными кольцами 7, 9, 13. Будучи расположенными под углом к оси патрона, ролики при незажатом состоянии касательны в средней своей точке к наружной конической поверхности, а на концах - к внутренней конической поверхности. При вращении зажимного кольца 5 по часовой стрелке ролики, увлекаемые силой трения, обкатываются по конической поверхности и вследствие своего наклонного положения, как бы навинчиваются, заставляя зажимное кольцо перемещаться в направлении стрелки А.

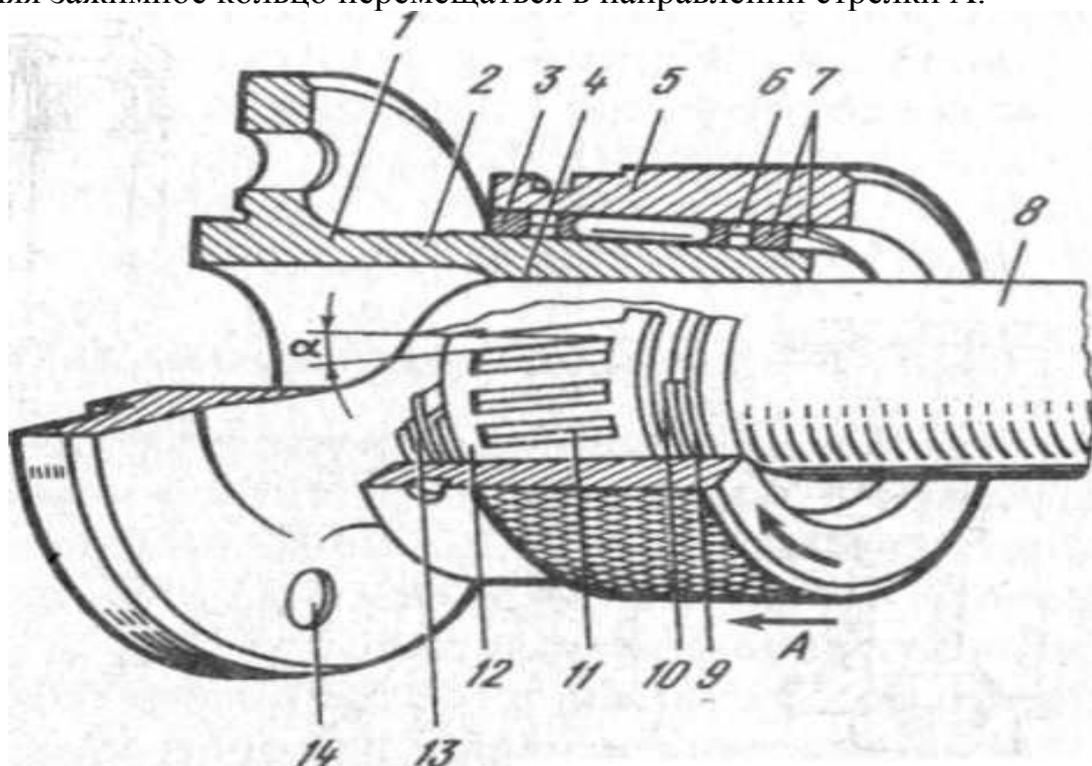


Рисунок. 11.20. Патрон с роликовым зажимом: 1 - корпус, 2 - конусная поверхность, 3 - разрезное кольцо, 4 - базировочное отверстие, 5 - зажимное

кольцо, 6 - конусная поверхность зажимного кольца; 7, 9, 13 - разрезные кольца, 8 - заготовка, 10 - зажимные кольца, 11 - ролики зажим-я, 12 - сепаратор, 14 - крепежные отверстия.

Вследствие осевого перемещения зажимного кольца, зазор уменьшается до тех пор, пока ролики не станут прилегать к обоим конусам по всей своей длине. Дальнейшее вращение зажимного кольца вызывает некоторую деформацию стенок корпуса, и заготовка оказывается зажатой в патроне. Конусность зажимных конусов роликовых приспособлений выбирается в пределах от 1:30 до 1:50, а диаметр роликов от 1 до 5 мм. Стенки роликовых оправок должны быть тонкими.

11.2.3. БЕСЦЕНТРОВО-ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ.

Эти станки используются в крупносерийном производстве для высокопроизводительного шлифования поверхностей типа тел вращения малого диаметра и большой длины, а также заготовок, не имеющих центровых отверстий, и обеспечивают высокую точность и качество обрабатываемой поверхности. Это достигается благодаря повышенным режимам резания и сокращения времени на установку, выверку и снятие заготовок. Бесцентровая обработка позволяет уменьшить припуск на шлифование, так как заготовка центрируется по обрабатываемой поверхности (рисунок 11.21). Повышенный режим шлифования возможен вследствие надежной опоры шлифуемой заготовки на нож (башмак) и ведущий круг.

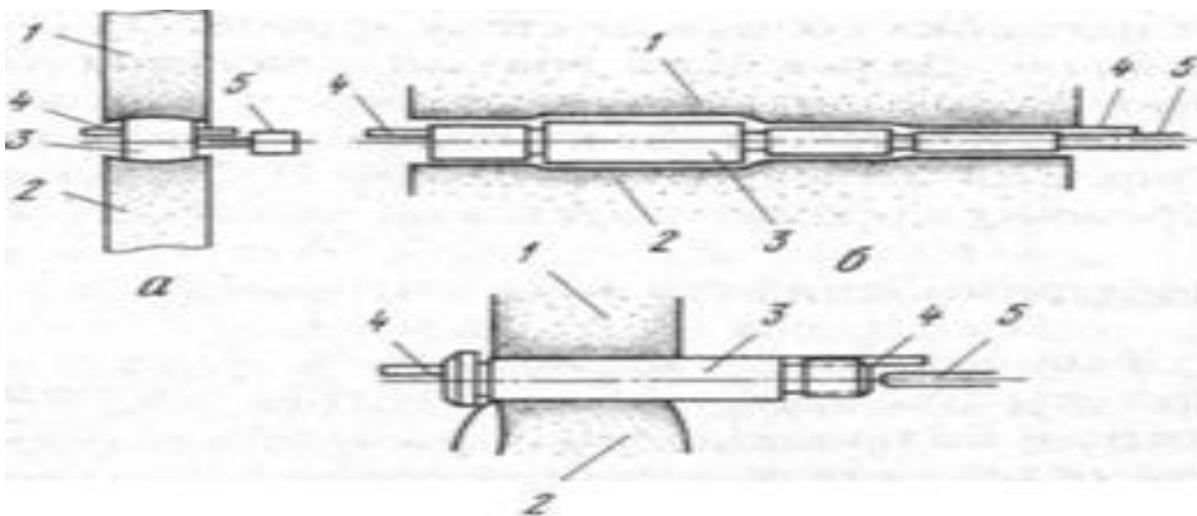


Рисунок 11.21. Методы бесцентрового шлифования: а, б – врезное, в – до упора: 1 – шлифовальный круг, 2 – ведущий круг, 3 – заготовка, 4 – опорный нож, 5 – упор.

Различают станки для наружного и внутреннего бесцентрового шлифования деталей. Основным параметром бесцентрово - шлифовальных станков является наибольший диаметр шлифуемой поверхности: 10, 20, 40, 80, 160 и 320 мм.

Наименьший диаметр заготовки в зависимости от способа шлифования составляет 0,2...20 мм.

Применяются три способа бесцентрового шлифования (рисунок 11.21): шлифование напроход, врезное и шлифование до упора. Последний способ используется для обработки заготовок, имеющих выступ. Способом напроход шлифуют гладкие заготовки без выступов при непрерывной подаче их между вращающимися кругами. Врезным шлифованием обрабатывают цилиндрические, конические и фасонные заготовки. Заготовку устанавливают так, чтобы обработка происходила одновременно по всей длине. Поэтому высота шлифовального круга больше, чем длина заготовки. Заготовка только вращается, а ведущий или шлифующий круг получают поперечную подачу в радиальном направлении. При шлифовании конических или фасонных поверхностей шлифовальному кругу или обоим кругам правкой придается соответствующая форма рабочей поверхности.

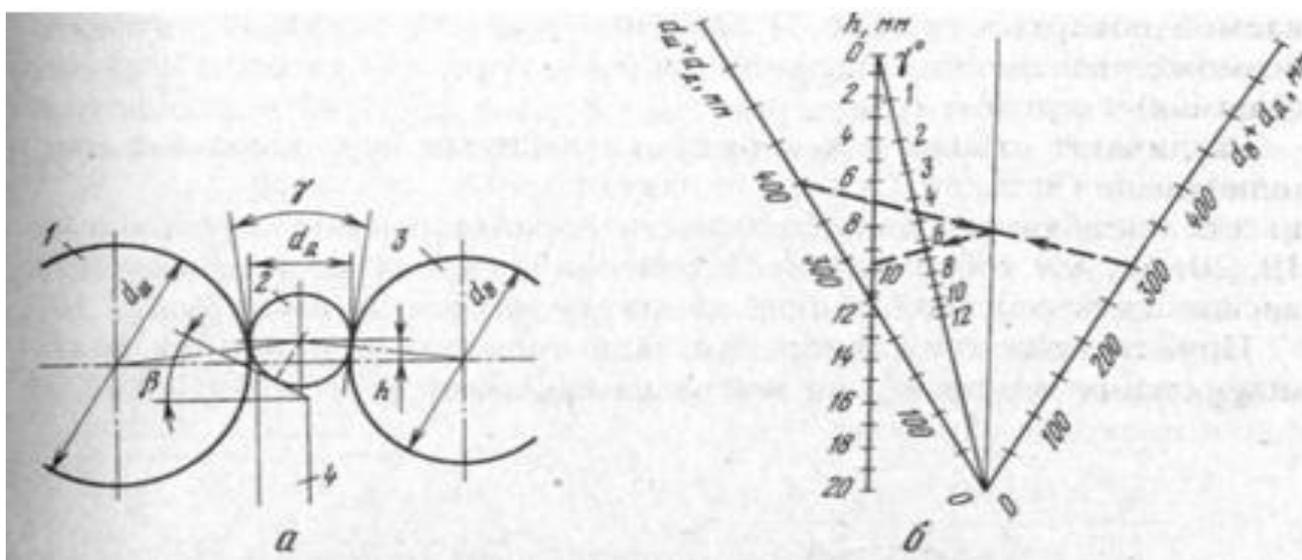


Рисунок 11.22. Схема бесцентрового шлифования (а): 1 – шлифовальный круг, 2 – заготовка, 3 – ведущий круг, 4 – опорный нож, d_v – диаметр ведущего круга, d_d – диаметр детали, h – превышение оси заготовки осей кругов, γ – тангенциальный угол, β – угол опоры; номограмма для определения положения детали по высоте (б).

Обрабатываемая заготовка 2 (рисунок 11.22) при бесцентровом шлифовании не закрепляется, а, базирясь по наружной поверхности на опорном ноже 4 (или башмаке), контактирует с двумя кругами 1 и 3. Круг 1 - шлифующий, вращаясь с окружной скоростью 30-40 м/с, снимает припуск с заготовки, а другой круг 3 - ведущий, вращаясь с окружной скоростью 10-50 м/мин, сообщает заготовке вращение (круговую подачу) и продольное перемещение (осевую подачу). Продольная подача сообщается шлифуемой заготовке ведущим кругом 3 либо вследствие установки его под некоторым углом α (от 1 до 8 градусов см. рисунок 11.23) по отношению к шлифующему кругу 1, либо из-за наклона опорного ножа на тот же угол α . Нож и ведущий круг поддерживают заготовку и принимают на себя возникающие силы резания. Чтобы обеспечить касание ведущего круга с заготовкой по

всей ширине круга, ему придают форму гиперболоида (см. рисунок 11.23). Вследствие меньшей скорости вращения ведущего круга (в 60-100 раз) трение между шлифовальным кругом и заготовкой меньше, чем между заготовкой и ведущим кругом, поэтому линейная скорость заготовки в зоне контакта соответствует линейной скорости ведущего круга, то есть скорость заготовки задается ведущим кругом. В качестве ведущих кругов используют мелкозернистые твердые круги на вулканитовой связке, однако они могут быть также стальными, чугунными или алюминиевыми.

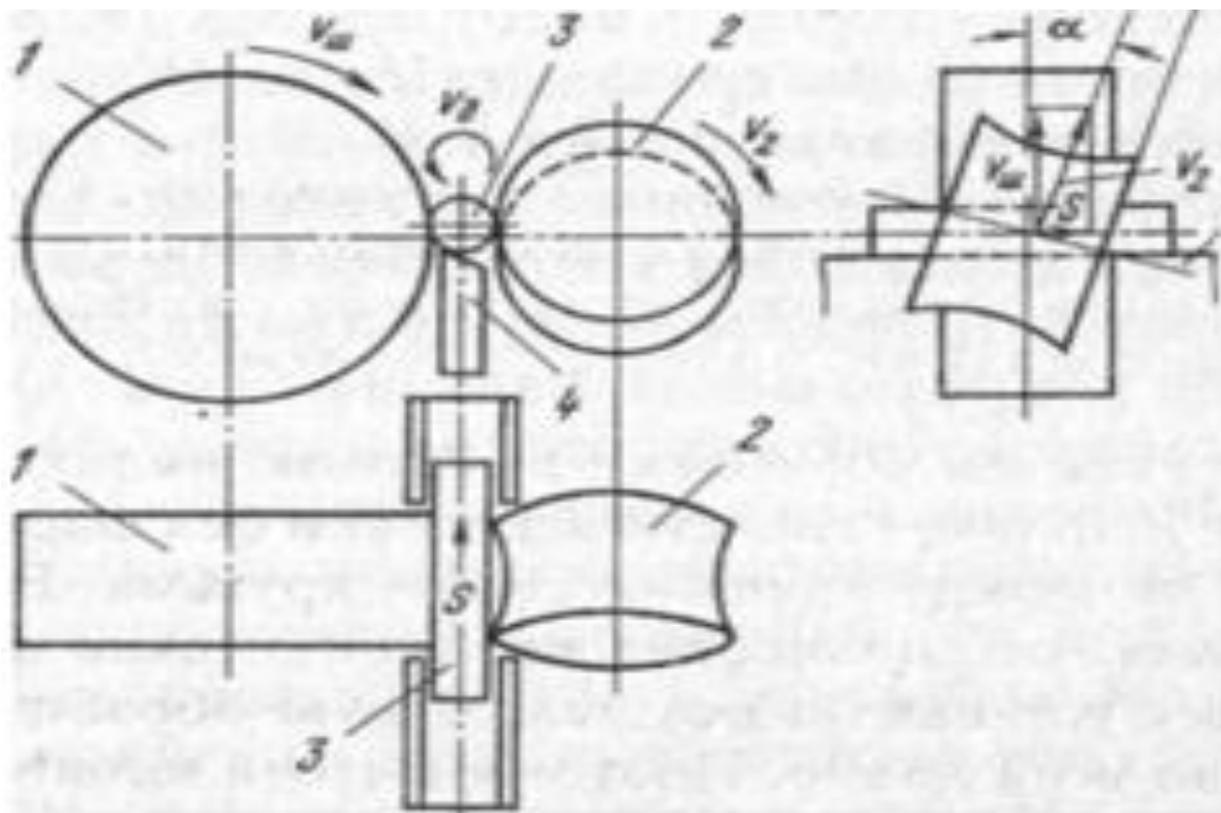


Рисунок 11.23. Схемы работы бесцентрового круглошлифовального станка: 1 – шлифовальный круг, 2 – ведущий круг, 3 – заготовка, 4 – опорный нож, $V_{ш}$ - окружная скорость шлифовального круга, $V_{з}$ – окружная скорость заготовки, V_2 – окружная скорость ведущего круга, α – угол поворота ведущего круга или наклона опорного ножа, S – продольная подача заготовки.

Для обеспечения цилиндричности обрабатываемой заготовки ее устанавливают несколько выше центров шлифовального и ведущего кругов примерно на 0,15-0,25 диаметра заготовки, но не более 10-12мм- во избежание вибраций. Для врезного шлифования превышение оси заготовки над осями кругов (рисунок 11.22, а) можно рассчитывать по соответствующим формулам или определять по номограмме (рисунок 11.22, б).

Точность размеров и геометрической формы обрабатываемых заготовок при бесцентровом шлифовании при оптимальной настройке станка и выборе инструмента достигается в следующих пределах: допуск на диаметр - 2 мкм, при этом

необходимо обеспечить точность подачи на врезание 0,5 мкм; отклонение от круглости - 0,3 мкм; шероховатость $Ra = 0,1-0,15$ мкм, при этом необходима тонкая очистка смазочно-охлаждающей жидкости и осциллирующее перемещение шлифовального круга. Осцилляция улучшает качество поверхности до $Ra = 0,05-0,1$ мкм. Овальность составляет примерно 0,5 мкм. Недостатками бесцентрового шлифования являются: сложность наладки при высоких требованиях к цилиндричности заготовки; невозможность получения шлифуемой поверхности, концентрично расположенной относительно ранее обработанных центровых отверстий и шеек; сложность шлифования заготовок, которые не имеют замкнутой цилиндрической обрабатываемой поверхности, например при наличии лысок по длине заготовки и др.

Различают следующие принципиальные компоновочные схемы бесцентрово-шлифовальных станков (рисунок 11.24). На рисунке 11.24, а приведена схема, при которой возможно перемещение бабки ведущего круга 2 и суппорта с опорным ножом 3 относительно неподвижно закрепленной на станке шлифовальной бабки 1. К преимуществам таких компоновок относят большую жесткость шлифовальной бабки и стабильное положение оси круга, к недостаткам - зависимость положения оси заготовки от диаметра шлифовального круга. Так как износ шлифовального круга примерно в 5 раз выше износа ведущего круга, то по мере изнашивания шлифовального круга необходимо заготовку приближать к кругу и переналаживать транспортно-загрузочное устройство.

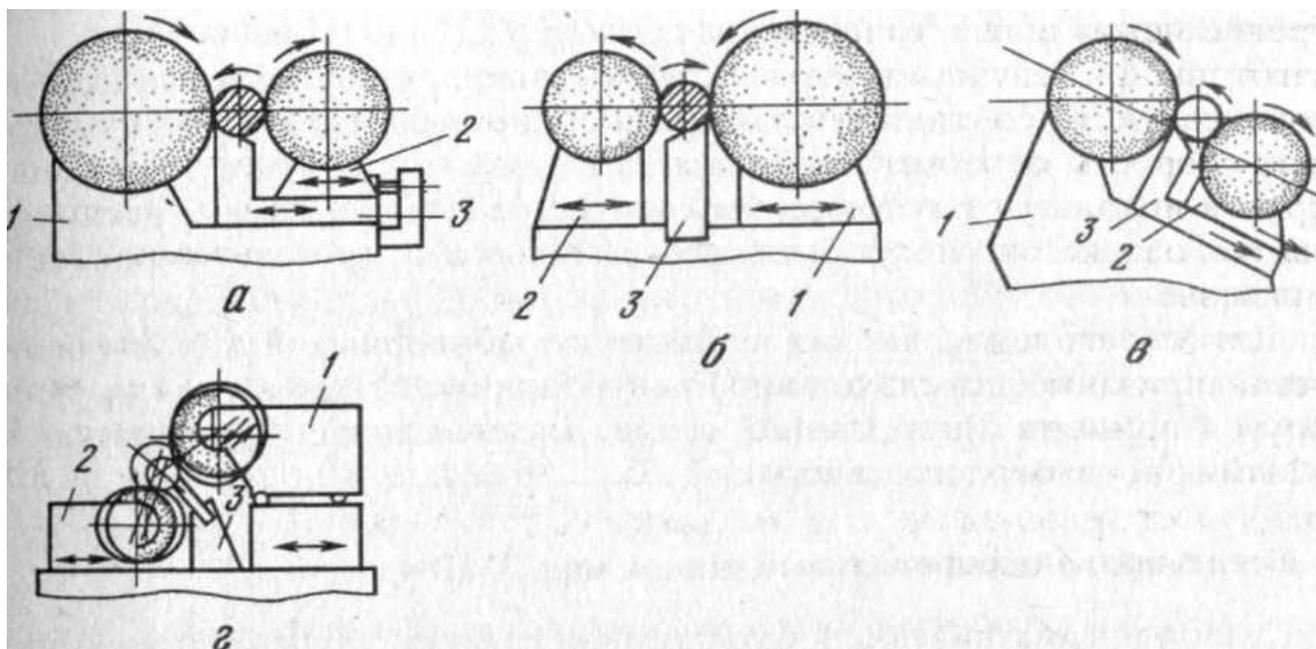


Рисунок 11.24. Принципиальные схемы бесцентрово-шлифовальных станков: а) - с неподвижной шлифовальной бабкой при горизонтальной линии центров, б - с подвижной шлифовальной бабкой и суппортом с опорным ножом при горизонтальной линии центров, в - с неподвижной шлифовальной бабкой и подвижными бабкой изделия и суппортом при наклонной линии центров, г - с подвижными бабками и неподвижным суппортом с опорным

ножом при наклонной линии центров, 1 - шлифовальная бабка, 2 -бабка ведущего круга, 3 - суппорт с опорным ножом.

По компоновочной схеме, показанной на рисунок 11.24, б, шлифовальная бабка 1 и бабка ведущего круга 2 подвижные, и опорный нож 3 закреплен на станине станка. Обе бабки регулируют независимо друг от друга. Компенсация износа круга происходит перемещением бабки шлифовального круга. Бабку ведущего круга перемещают при настройке на новый размер заготовки и по мере изнашивания круга. Такая компоновка принята для большинства станков.

На рисунке 11.24, в, г приведены схема станков, у которых оси кругов расположены не в одной горизонтальной плоскости. Такие станки эффективны при обработке тяжелых заготовок, так как при этом большая часть массы заготовки приходится на ведущий круг, расположенный ниже, и сила сцепления заготовки с кругом возрастает. В станках этого типа отсутствуют какие-либо приспособления для закрепления заготовок, так как их базируют на опорных ножах или башмаках различной конструкции. Ножи выполняют гладкой или ступенчатой формы из легированной стали, в этом случае нож оснащают пластинкой из твердого сплава.

Бесцентрово-шлифовальный станок мод. 3М184

Станок предназначен для шлифования гладких, ступенчатых, конических и фасонных поверхностей методами продольного и врезного шлифования.

Технические характеристики станка

Пределы диаметров устанавливаемой заготовки, мм 3-80

Максимальная длина обрабатываемой заготовки, мм 260

Пределы частот вращения ведущего круга (при бесступенчатом регулировании) 1/мин 120-1650

Наибольший диаметр круга, мм

- шлифовального 500

- ведущего 350

Компоновка бесцентрового станка показана на рисунке 11.25, а и состоит из бабок шлифовального 3 и ведущего 4 кругов, установленных соответственно на салазках 9 и 6, перемещающихся по станине 7. На каждой из бабок размещены приспособления для правки кругов 2 и 5 соответственно для шлифовального и ведущего кругов. На станине размещены устройство для подачи на врезание 8 шлифовальной бабки 3 и блок управления станком 1.

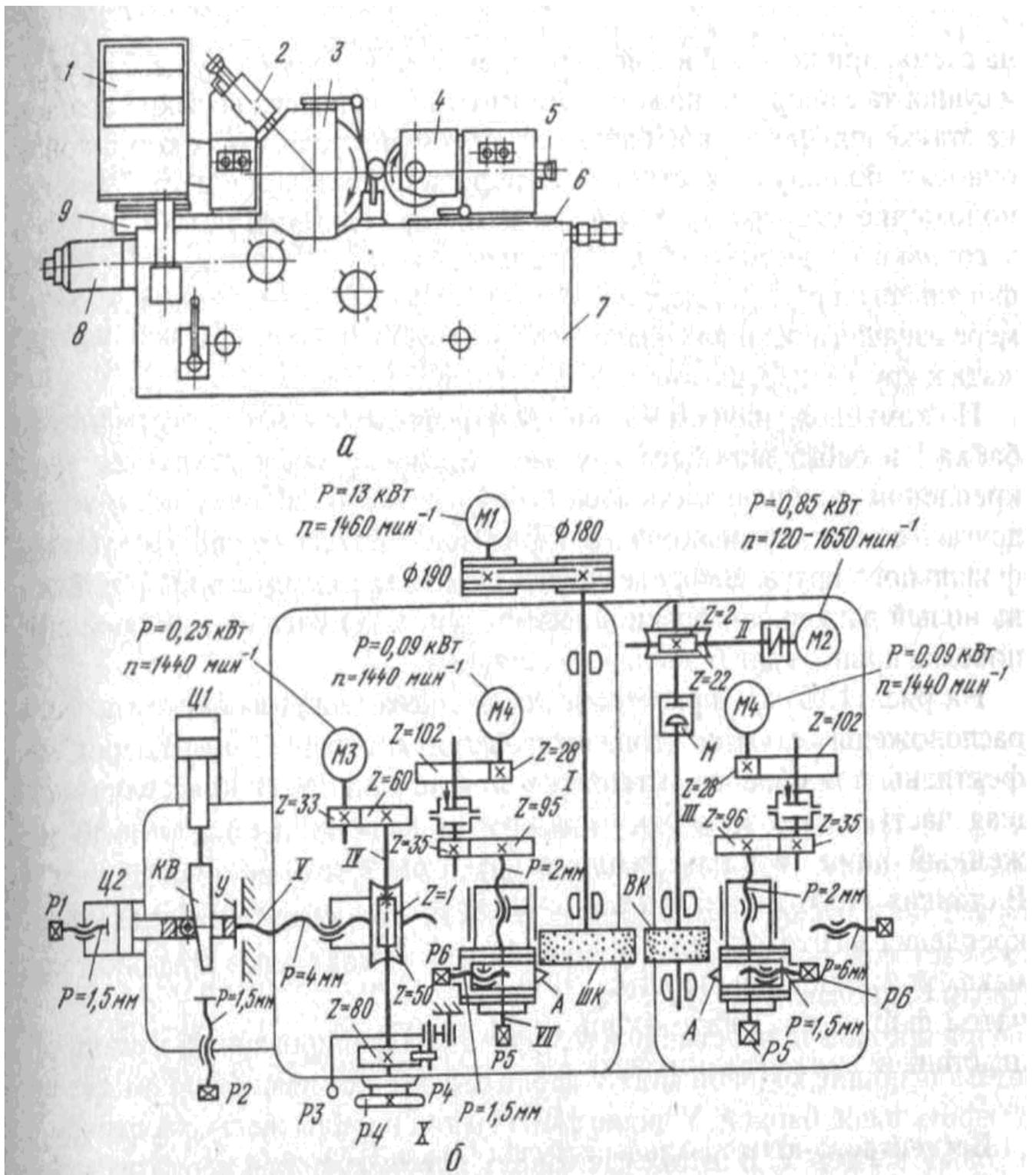


Рисунок 11.25. Бесцентровый станок для наружного круглого шлифования модели 3М184: а – компоновка: 1 – блок управления, 2, 5 – приспособления правки шлифовального и ведущего кругов, 3 – шлифовальная бабка, 4 – бабка ведущего круга, 6 – салазки бабки ведущего круга, 7 – станина станка, 8 – устройство подачи на врезание, 9 – салазки шлифовальной бабки;

б – кинематическая схема: М1 – асинхронный двигатель привода шлифовального круга, М2 – электродвигатель привода ведущего круга, М3 – электродвигатель ускоренного перемещения бабки шлифовального круга,

М4 – электродвигатель продольного перемещения алмазного карандаша, **ШК** – шлифовальный круг, **ВК** – ведущий круг, **Р1** – рукоятка регулирования хода гидроцилиндра **Ц1**, **Р2** - рукоятка перемещения шлифовальной бабки, **Р3** – рукоятка толчкового перемещения шлифовального круга, **Р4** – рукоятка ручного перемещения шлифовального круга, **Р5** – рукоятка продольного ручного перемещения привода правки, **Р6** - рукоятка поперечного ручного перемещения привода правки, **Ц1** – гидроцилиндр перемещения клина врезания, **Ц2** – гидроцилиндр перемещения шлифовальной бабки, **А** – алмазные карандаши, **КВ** – клин врезания, **У** – упорный торец штока гидроцилиндра **Ц2**, **М** – предохранительная муфта.

Главное движение (рисунок 11.26, б) — вращение шлифовального круга происходит от асинхронного электродвигателя **М1** ($P = 13$ кВт, $n = 1460$ 1/мин) через клиноременную передачу со шкивами диаметрами 190 мм и 180 мм. Шпиндель шлифовального круга установлен на гидродинамических опорах.

Вращение ведущего круга (**ВК**) осуществляется от электродвигателя постоянного тока **М2** через червячную передачу 2-22 и муфту **М**. При наладке бабка ведущего круга может перемещаться винтом с шагом $p = 6$ мм и поворачиваться в горизонтальной плоскости.

Движение врезания получает шлифовальная бабка, перемещающаяся по направляющим качения. Врезание осуществляется гидравлически: ускоренный подвод производится цилиндром **Ц2**, а поперечная подача - цилиндром **Ц1**. Врезание происходит по следующему циклу: форсированная подача, подача для предварительной обработки, подача для окончательной обработки, выхаживание, ускоренный отвод.

Ускоренное поперечное перемещение бабки шлифовального круга по направляющим качения производится от двигателя **М3** через передачи 33-60 и 1-50; ручное перемещение - от рукоятки **РА**. В обоих случаях с вала **IV** движение передается через червячную передачу 1-50 на ходовую гайку. При неподвижном винте $p = 4$ мм гайка вращается и перемещает бабку. Толчковая рукоятка **РБ** при каждом качании обеспечивает поворот вала **IV** на одно деление лимба (через храповой механизм **Х** с колесом 80).

При врезном шлифовании действует гидрофицированный механизм, перемещающий ходовой винт **V** вдоль его оси (без вращения) вместе со шлифовальной бабкой. У цилиндра **Ц2** шток поршня жестко соединен с ходовым винтом **V**. В штоке сделан паз, сквозь который проходит клин **КВ**, и закреплен упирающийся в клин ролик. Давление в правой полости цилиндра **Ц2** отводит бабку влево. При подаче масла в левую полость бабка быстро подводится до тех пор, пока ролик не упрется в клин. Затем клин постепенно вытягивается цилиндром **Ц1** из паза - бабка продолжает движение вправо, происходит врезание. Когда упорный торец у штока доходит до корпуса, бабка останавливается, начинается выхаживание (клин, уже не касаясь ролика, продолжает движение до упора). По окончании шлифования цилиндр **Ц2** отводит бабку. Винты с рукоятками **Р1** и **Р2** регулируют ход поршней в обоих цилиндрах. При шлифовании "на проход" винт с рукояткой **Р1** должен быть завернут до упора штока в корпус.

Механизмы правки шлифовального и ведущего кругов унифицированы. Привод правки состоит из двигателей постоянного тока М4, передач 28-102, 35-95 и винтов $p = 2$ мм. Механизм правки сообщает алмазному карандашу А продольное движение от двигателя М4 или от рукоятки Р5, поперечное движение - от рукоятки Р6. Механизмы правки имеют шариковые направляющие.

В автоматических линиях для шлифования колец подшипников, роликов, валов и других деталей типа тел вращения применяют специальные бесцентровые круглошлифовальные станки с широкими кругами диаметром от 400 мм и выше, шириной (высотой) 500-800 мм, собранных из набора трех-четырех стандартных абразивных кругов номинальной ширины: 63, 100, 150 и 200 мм.

Применение станков с кругами большой ширины дает возможность повысить производительность шлифования в 2-3 раза. На рисунке 11.26 шпиндель 5 изготовлен из стали 45, на его шейки насажены втулки из стали 38ХМЮА.

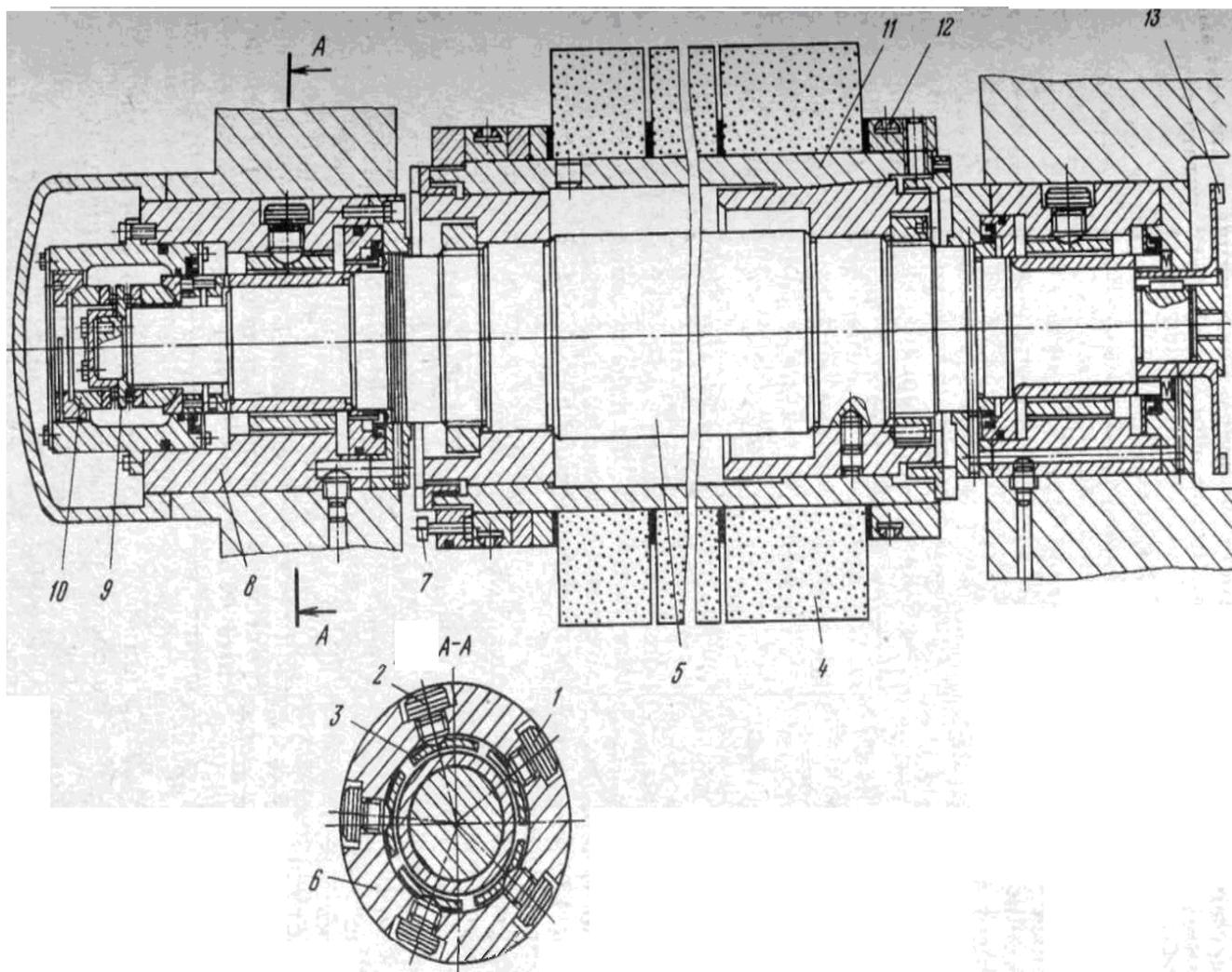


Рисунок 11.26. Шпиндель бесцентрового круглошлифовального станка с широким кругом: 1 – винт со сферической головкой, 2 – колпачки защитные, 3 - вкладыши, 4 – широкий шлифовальный круг, 5 – шпиндель, 6, 8, - обоймы подшипников, 7 – винты крепления подшипников, 9 – упорные под-

шипники, 10 – шаровая опора компенсации перекоса, 11 – втулка, 12 – сухари балансировочные, 13 – муфта мембранная.

Гидродинамическая опора шпинделя состоит из пяти самоустанавливающихся вкладышей, которые монтируют в герметичных (для сохранения объема жидкости в опоре) обоймах 6,8 на винтах со сферической головкой 1, которыми регулируют зазор между шейкой шпинделя и вкладышами 3. Для предохранения от вытекания масла на винты установлены защитные колпачки 2, а на шпинделе – манжетные уплотнения. В левой опоре установлены упорные подшипники 9, воспринимающие осевые нагрузки, а также шаровая опора 10 для компенсации перекоса шпинделя. Абразивные круги 4 устанавливаются на втулке 11. Закрепляют круги на втулке гайкой через промежуточные шайбы и затягивают винтами 7.

Круги в собранном виде обтачивают по наружному диаметру для получения одинакового размера и устранения биения и подвергают динамической балансировке на установке с помощью сухариков 12, расположенных в кольцевых выточках. Шпиндель станка приводится во вращение мембранной муфтой 13, позволяющей компенсировать перекосы оси шпинделя во время обработки.

11.2.4. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Предназначены для шлифования отверстий цилиндрической и конической формы методами продольной и поперечной подачи. Эти станки, как правило, снабжены специальным торцешлифовальным устройством для обработки торцов. Главным движением является вращение шлифовального круга U_T (рисунок 11.27), круговая подача U_d обеспечивается либо вращением заготовки (рисунок 11.27, а), либо планетарным вращением шлифовального шпинделя (рисунок 11.27, б). Продольная и поперечная подачи S_1, S_2 обеспечиваются перемещением шлифовального шпинделя или бабки изделия. Станки этой группы могут быть патронными или бесцентровыми. В первом случае заготовка базируется в патронах различных конструкций, во втором – на роликах или башмаках. Основной размерной характеристикой станков является наибольший диаметр обрабатываемой заготовки. Большие внутришлифовальные станки шлифуют отверстия диаметром и глубиной до 1200 мм.

Скорость резания обычными кругами ограничена 35 м/с. При снабжении станков защитными устройствами, охватывающими всю рабочую зону, используются круги с окружной скоростью вращения 60 м/с. Окружная скорость вращения заготовки при этом составляет 0 м/мин, а величина продольной подачи – 0,5-6 м/мин при черновой обработке и 0,25-3 м/мин при чистовой. Мощность привода главного вращающего станков средних размеров составляет 7,5-15 кВт, а карусельно-шлифовальных до 30 кВт. При обработке на станках погрешность размера (диаметра) достигается в пределах 0,5... 1 мкм, а отклонение от круглости не превышает 1...2 мкм.

Для повышения качества обрабатываемой поверхности кругу сообщают небольшое осциллирующее движение. Станки для шлифования подшипников каче-

ния имеют механические осцилляторы, обеспечивающие 400-800 дв. ходов в минуту.

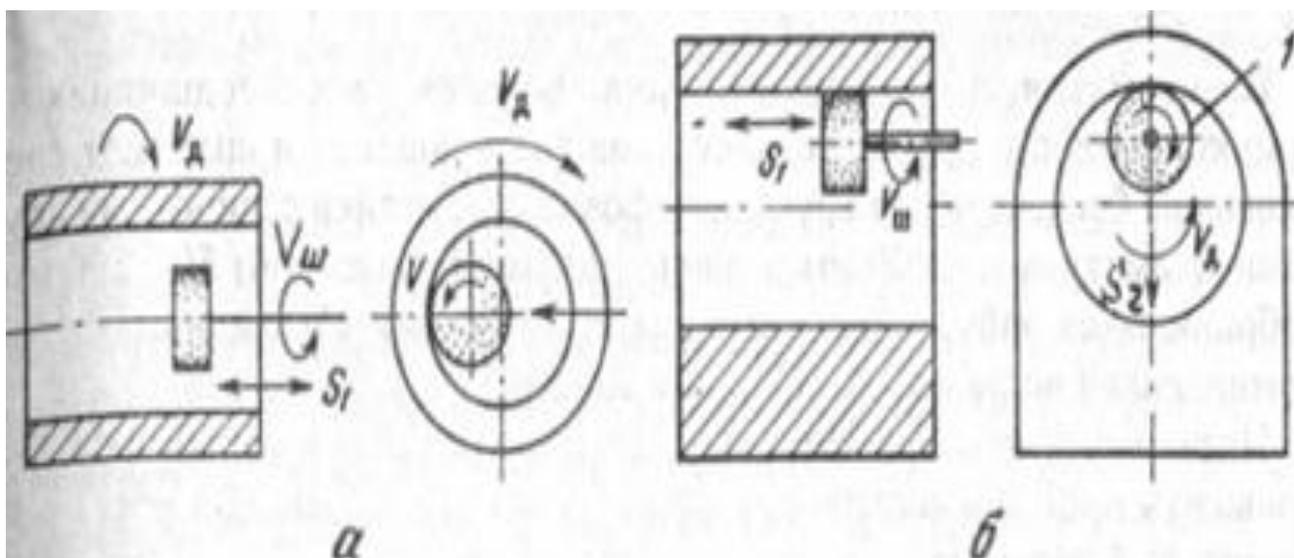


Рисунок 11.27. Схемы внутреннего шлифования: а – при вращающейся заготовке, б – при неподвижной заготовке.

По компоновке и расположению шпинделя различают горизонтальные и вертикальные (рисунок 11.28), а по характеру круговой подачи – обычные и планетарные внутришлифовальные станки. Наиболее распространены обычные станки. Внутришлифовальные станки с планетарным движением шпинделя используются, если обрабатываемая заготовка имеет большие размеры, отверстия расположены в тяжелых заготовках и с несимметричной формой, или когда заготовке невозможно сообщить вращательное движение круговой подачи. Круговая подача в этих станках создается вращением оси круга относительно оси обрабатываемого отверстия по окружности. Продольная подача получается за счет возвратно-поступательного движения либо круга, либо стола с заготовкой. Поперечная подача осуществляется периодическим радиальным перемещением оси шлифовального круга таким образом, что после каждого двойного хода радиус окружности, описываемой шлифовальным шпинделем вокруг оси обрабатываемого отверстия, увеличивается.

Внутришлифовальный полуавтомат мод. ЗК227В

Предназначен для шлифования цилиндрических и конических, глухих и сквозных отверстий, а также торцов в условиях серийного и массового производства. Класс точности станка В.

Технические характеристики станка

Пределы диаметров шлифуемого отверстия, мм 20-100

Наибольшая длина шлифования, мм 125

Пределы частот вращения шпинделя заготовки, 1/мин 140-1000
(регулируются бесступенчато)

Частота вращения шпинделя, 1/мин . 9000,12000,18000,24000

Пределы поперечных подач, мм/мин 0,13-1,3

Скорость движения стола при шлифовании, м/мин 1-7
Габаритные размеры станка, мм 2700 x 1265 x 1750

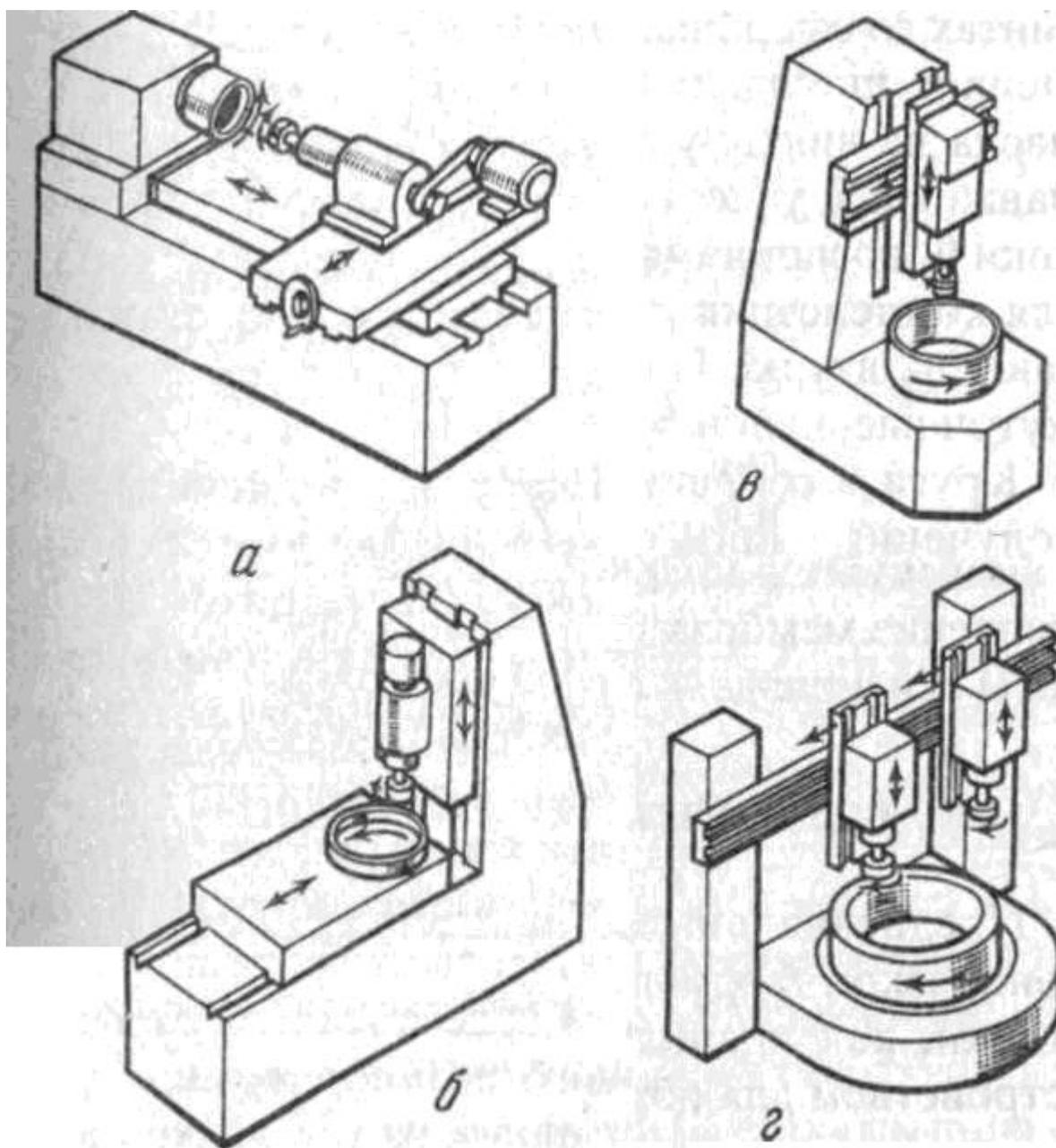


Рисунок 11.28. Компоновка внутришлифовальных станков: а – горизонтальная, б – вертикальная, в – вертикальная с поперечной траверсой, г – карусельная.

На станине СА (рисунок 11.29) установлен мост МС с бабкой изделия БИ и прибор правки ПП. По поперечным направляющим перемещается шлифовальная бабка ШБ, расположенная на столе СЛ и вместе с ним совершает возвратно-поступательное продольное движение подачи по направляющим качения станины СА. Торцешлифовальное приспособление ТП смонтировано на корпусе бабки изделия.

Главное движение - вращение шлифовального круга - осуществляется от асинхронного электродвигателя М1 через плоскоремennую передачу со сменными шкивами, что позволяет изменять частоту вращения шпинделя 1.

Круговая подача - вращение заготовки - осуществляется от электродвигателя постоянного тока М2 с бесступенчатым регулированием частоты вращения через клиноремennую передачу 110-165. При шлифовании конических отверстий поворот бабки изделия БИ относительно моста МС вокруг вертикальной оси осуществляется с помощью рукоятки Р1 через червячную передачу 1—30 и звездочку $Z = 9$ на валу IV, находящуюся в зацеплении с цепью, закрепленной на салазках моста. Наладочное поперечное перемещение моста с бабкой изделия производят винтом с шагом $p = 6$ мм рукояткой Р2.

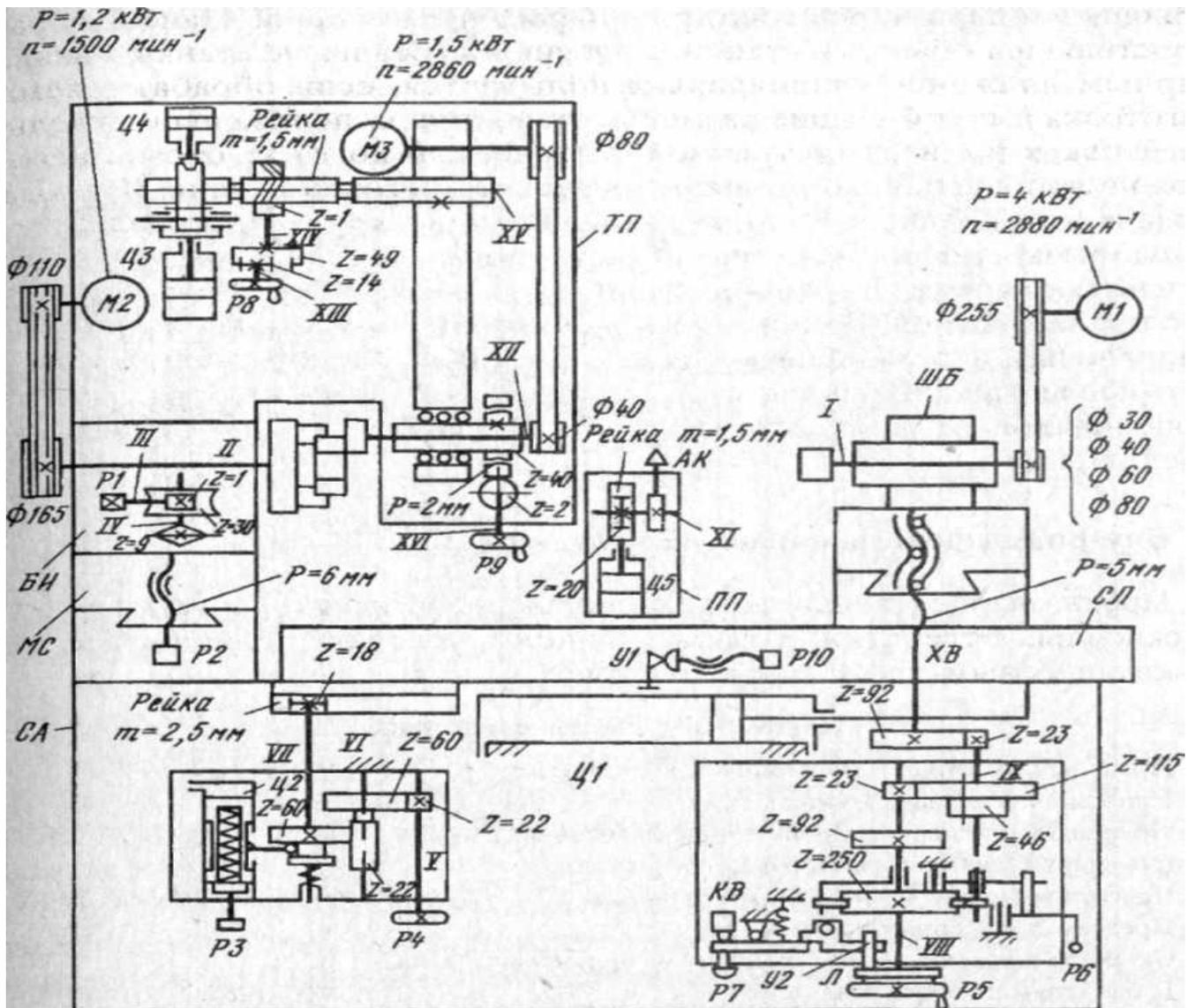


Рисунок 11.29. Кинематическая схема внутришлифовального станка мод. 3К227В: М1 - электродвигатель привода главного движения, М2 - электродвигатель круговой подачи, М3 - электродвигатель привода торцешлифовального приспособления, ШБ -шлифовальная бабка, ТП - торцешлифовальное приспособление, СЛ - стол, СА -станина, МС - мост, БИ - бабка изде-

лия, ПП - прибор правки, Ц1 - гидроцилиндр продольной подачи, Ц2 - гидроцилиндр расцепления реечной передачи, Ц3 - гидроцилиндр поворота торцешлифовального приспособления, Ц4 - гидроцилиндр привода механизма фиксации торцешлифовального приспособления, Ц5 - гидроцилиндр привода алмазного карандаша, P1 - рукоятка настройки шлифования конуса, P2 - рукоятка поперечного перемещения моста, P3 - рукоятка ручного расцепления реечной передачи, P4 - рукоятка ручного продольного перемещения стола, P5 - рукоятка ручного поперечного перемещения шлифовальной бабки, P6 - рукоятка толчкового ручного перемещения шлифовальной бабки, P7 - кнопка включения поперечного перемещения шлифовальной бабки, P8 - рукоятка наладочного продольного перемещения торцешлифовального приспособления, P9 - рукоятка углубления торцешлифовального приспособления, P10 - рукоятка углубления при шлифовании торцов шлифовальным кругом шлифовальной бабки, KB - конечный выключатель, Y1 - упор на станине, Y2 - упор конечного выключателя KB, AK - алмазный карандаш, Л - лимб, ХВ - ходовой винт.

Продольная подача - возвратно-поступательное движение стола - осуществляется от гидроцилиндра Ц1. Регулирование скорости в пределах 0,1-10 м/мин производится бесступенчато. Стол перемещается по направляющим качения ручным приводом от маховичка PA, если зубчатое колесо 18 (вал VII) зацепляется с рейкой. При включении гидропривода стола с помощью Ц2 автоматически выводится из зацепления реечное колесо 18 (перемещается вал VII со всеми деталями на нем).

Поперечная подача шлифовального круга осуществляется от рукоятки P5, от качающейся рукоятки P6 через храповой механизм. Упор Y2, связанный с лимбом Л, через систему рычагов воздействует на конечный выключатель KB, автоматически отключая поперечное движение и давая команду на отвод стола в исходное положение после снятия установленного припуска.

Для правки круга подводят алмазно-металлический карандаш АК в рабочее положение с помощью цилиндра Ц5 и реечной передачи. Движением стола вращающийся круг медленно (0,1-2 м/мин) перемещается относительно карандаша, обеспечивая съем слоя абразивного материала.

Торцешлифовальное приспособление ТП служит для шлифования наружного торца заготовки. Круг получает вращение от асинхронного электродвигателя МЗ через клиноременную передачу 80-40. Врезание осуществляется рукояткой P9, передающим движение шлифовальной головке через червяк $Z = 2$, косозубое колесо $Z = 40$ и передачу с резьбой $P = 2$ мм. Кронштейн, несущий шпиндель XII, отводится из рабочей зоны и подводится поворотом вокруг оси XV с помощью гидроцилиндра Ц3. Перед поворотом плунжер Ц4 отводит фиксатор. При наладке продольное перемещение осуществляется от рукоятки P8. При обработке внутреннего торца врезание осуществляется микрометрическим винтом рукояткой P10. Винт поджат к упору Y1 на станине, гайка передвигается вместе со столом.

При небольшом диаметре круга трудно получить оптимальную скорость резания, так как необходима высокая частота вращения шпинделя. Так, при шлифо-

вании отверстия диаметром 8 мм со скоростью 30 м/с шлифовальный круг должен иметь 90 000 1/мин. В этой связи к шпиндельным узлам внутришлифовальных станков предъявляются очень высокие скоростные и точностные требования, что обусловило применение оригинальных шпиндельных узлов и их приводов в этих станках. Так например, для шлифования твердых сплавов алмазными кругами необходима жесткость на круге 100 Н/мкм.

Шлифовальную головку (рисунок 11.30) закрепляют на шлифовальной бабке станка. Вращение шпинделю 5 передается плоским ремнем через шкив 9. В опорах головки устанавливают высокоточные подшипники качения 4,7 с регулируемым натягом от устройства 6. Уплотнительные бесконтактные устройства 3,8 надежно защищают опоры от проникновения абразива и грязи. Круг 1 закрепляют на консольной части шпинделя 2.

Шлифование глубоких отверстий (отношение длины к диаметру составляет более 10-12) вызывает большие трудности. В зависимости от длины отверстия подбирают необходимый сменный удлинитель 2 (оправку) для шлифовального круга (см. рисунки 11.30 и рис. 11.31). Для крепления оправок шлифовальных кругов предназначен внутренний или наружный конус шпинделя с допуском на радиальное и торцовое биение 3 мкм. При таком шлифовании под действием сил резания увеличивается прогиб консольной части оправки, что требует в конце обработки дополнительных ходов шлифовального круга без поперечной подачи, снижая производительность.

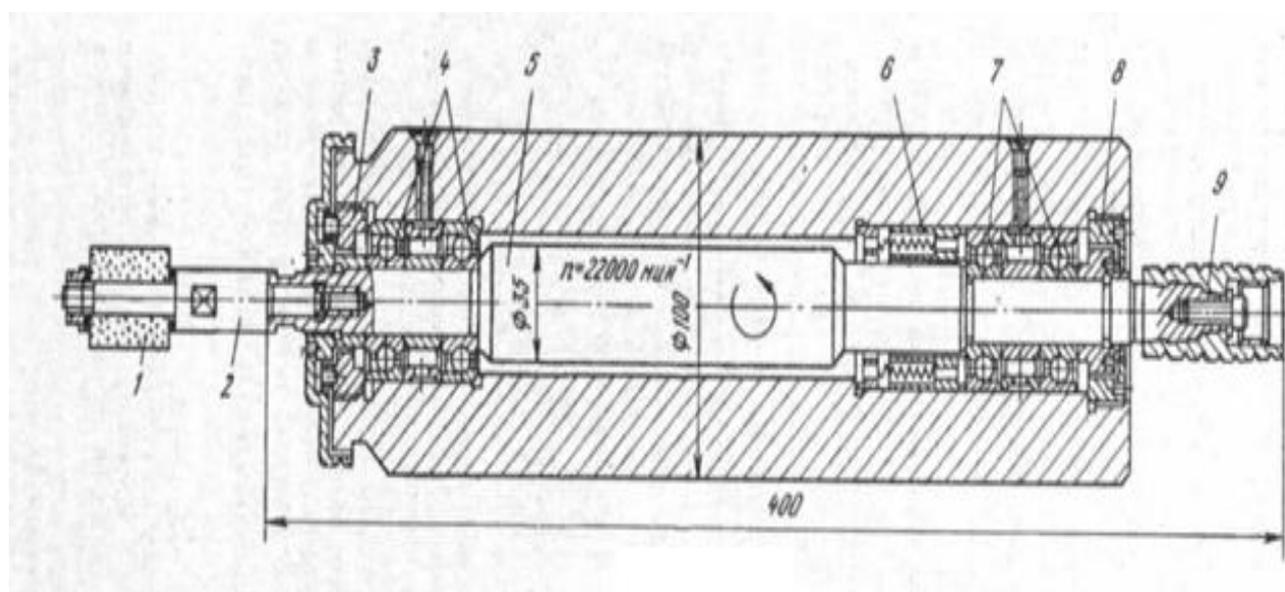


Рисунок 11.30. Шлифовальная головка внутришлифовального станка: 1 - шлифовальный круг, 2 - оправка шлифовального круга; 3,8- гайки, 4 - подшипники передней опоры шпинделя, 5 - шпиндель, 6 - пружины автоматической выборки зазора в задней опоре шпинделя, 7 - подшипники задней опоры шпинделя, 9 - шкив привода шпинделя.

На рисунке 11.31 показана конструкция электрошпинделя внутришлифовального станка, обеспечивающего частоту вращения круга 48000 1/мин и вы-

ше. Применение электрошпинделя позволяет получить простую конструкцию привода без ременной передачи, что повышает стойкость подшипников за счет разгрузки их от натяжения ремня. Электрошпиндель представляет собой асинхронный электродвигатель, работающий на повышенной частоте переменного тока (более 100 Гц), получаемой от генератора. Шлифовальный круг 1 с оправкой 2 устанавливают на шпинделе 5, смонтированном на подшипниках 3,6. К статору 7 подают для охлаждения антикоррозионную жидкость. Автоматическая регулировка натяга производится пружинами через втулку 4. Применены лабиринтные бесконтактные уплотнения для надежной защиты опор и электрообмоток двигателя.

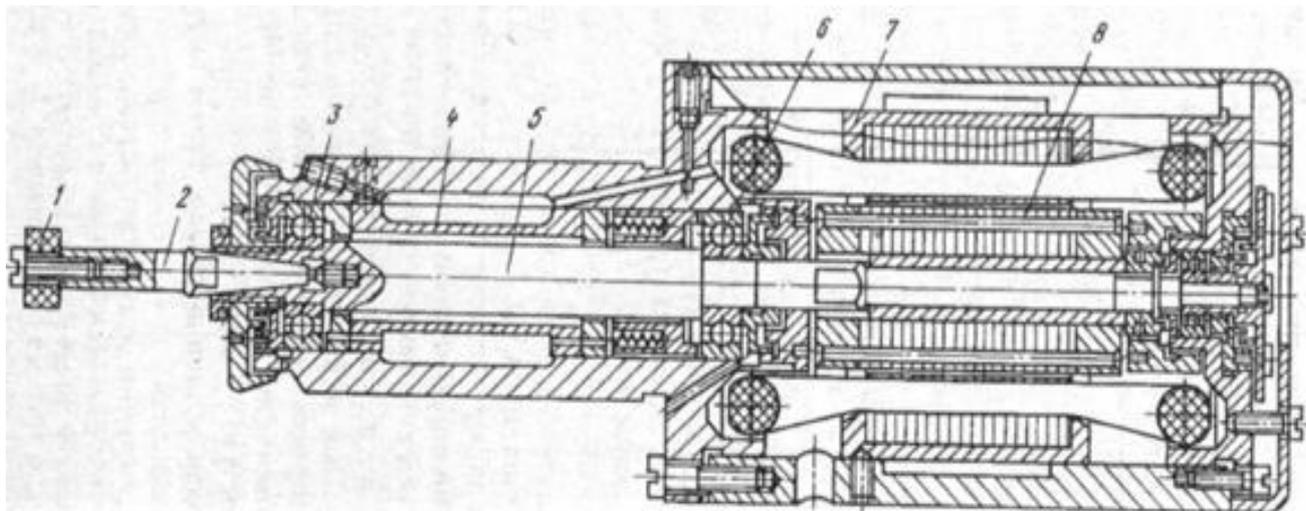


Рисунок 11.31. Электрошпиндель внутришлифовального станка: 1 - шлифовальный круг, 2 - оправка шлифовального круга, 3 - передняя опора шпинделя, 4 - гильза, 5 - шпиндель, 6 - задняя опора шпинделя, 7 - статор электродвигателя, 8 - ротор электродвигателя.

В серийном производстве измерение обрабатываемых заготовок производится, как правило, электронными измерительными устройствами. Заготовка измеряется во время обработки щупом и индуктивным датчиком перемещения. По достижении заданного размера система управления дает команду системе управления станком, которая может быть, например, командой о переходе с черновой обработки на чистовой режим или на окончание шлифования. Диапазон измерения составляет 0,5 мм, погрешность измерения в зависимости от типа станка - 0,1-1 мкм. На станках, обслуживаемых вручную, устанавливаются простые измерительные устройства, позволяющие провести индикацию размеров. Ощупывающие и бесконтактные пневматические измерительные приборы имеют диапазон измерений 0,1 мм и погрешность измерения ~1 мкм.

ГЛАВА 12. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ.

12.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Резьба может быть основным функциональным элементом детали (на ходовом или крепежном винте, в гайке) или небольшой ее частью (на шпинделе, в корпусе).

Обработка резьбы осуществляется как на универсальных, так и специальных станках (рисунок 12.1). Преобладает изготовление резьбы резанием с использованием различного инструмента (рисунок 12.1, а-е), а также накатыванием (рисунок 12.1, ж). Незаменимым инструментом для нарезания резьбы в отверстиях небольшого диаметра является метчик. Производительность накатывания в десятки раз превосходит резьбонарезание, причем в некоторых случаях получается резьба, по точности приближающаяся к шлифованной. Недостаток метода - ограничение по свойствам материалов, поддающихся обработке давлением, неэффективность в условиях мелкосерийного производства.

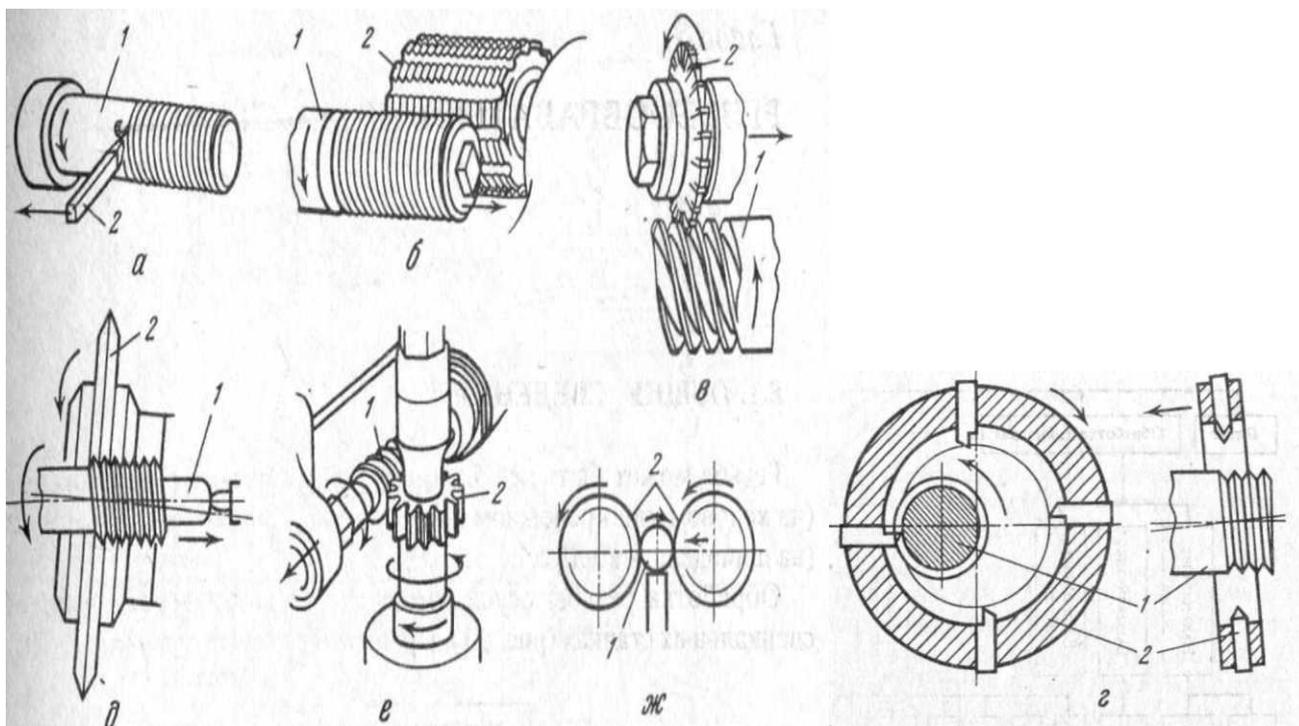


Рисунок 12.1. Схемы обработки резьбы: а – резцом, б – гребенчатой фрезой, в – дисковой фрезой, г – резцовой головкой, д – шлифовальным кругом, е – обкатным резцом, ж – накатными роликами, 1 – заготовка, 2 – инструмент.

12.2. РЕЗЬБОНАКАТНЫЕ СТАНКИ

Резьбонакатные станки просты, поскольку обязательным в них является лишь одно движение - обката, причем без кинематической цепи согласования. Углубление инструмента может происходить без отдельного движения за счет за-

борной части плашки (специального ролика) или в процессе захвата инструментом заготовки, вводимой в рабочую зону касательным (тангенциальным) движением. Есть схемы и с отдельным радиальным движением для углубления. Эти станки различаются прежде всего типом инструмента (рисунок 8.2). В большинстве резбонакатных станков заготовка базируется накатываемой поверхностью по инструменту и получает вращение благодаря фрикционной связи с ним, поэтому для обработки станок создает лишь одно простое движение.

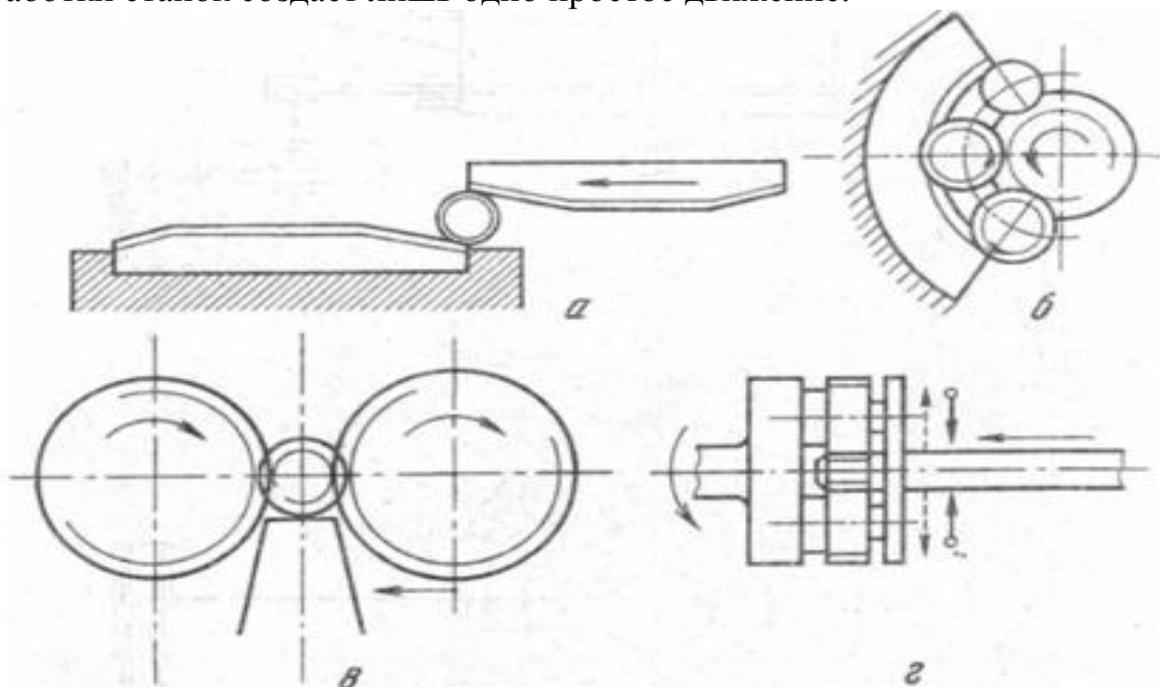


Рисунок 8.2. Схемы накатывания: а – плоскими плашками, б – сегментом и роликом, в – двумя роликами с радиальным углублением, г – аксиальной головкой с раскрытием роликов.

При плоских плашках (см. рисунок 8.2, а) обеспечивается высокая производительность; за один двойной ход обычно накатывается одна деталь (при усложнении инструмента может быть и две), при этом скорость составляет 20-80 м/мин, а частота двойных ходов 40-500 мин⁻¹. Совместно с резьбой могут накатываться канавки или рифления, шлицы, зубья. Точность резьбы низкая - 6...8 степень. В приводе ползуна с подвижной плашкой применяют регулируемый двигатель и кривошипно-шатунный механизм. Заготовка загружается вдоль своей оси или в направлении движения ползуна, питание бункерное. Ползун может располагаться горизонтально, вертикально или наклонно так же, как и рабочие поверхности плашек.

Накатывание с помощью сегмента (см. рисунок. 8.2, б) называют планетарным. Оно обеспечивает наиболее высокую производительность: 1-20 шт. за 1 оборот ролика, то есть до 750 (а в некоторых случаях до 2000) шт./мин. При этом точность достигает 2-ой степени. Накатывать можно крепежные детали диаметром до 25 мм.

На рисунке 8.3, барабан 11 (с лопатками) бункера вращается на катках 10 от двигателя М2 с помощью червячного редуктора и ременных передач. Звездочка - отсекатель 13 поштучно пропускает заготовки из бункера в лоток 2, сбрасывая лишние обратно (привод от двигателя М3 через предохранительную муфту 14). Пневмовибратор 12 облегчает перемещение заготовок по лотку. Шпиндель 6 с накатным роликом 5 и кулачком загрузки 4 вращается от двигателя М1 через ременную передачу и конические колеса 8-9 с круговым зубом. Рычаг - ползушка 7 передает Движение от кулачка к питателю 3, который заталкивает очередную заготовку в сужающийся зазор между роликом 5 и сегментом 1. Известны компоновки с вертикальной, наклонной или горизонтальной осью накатного ролика; последняя наиболее благоприятна для станка с двумя парами инструментов.

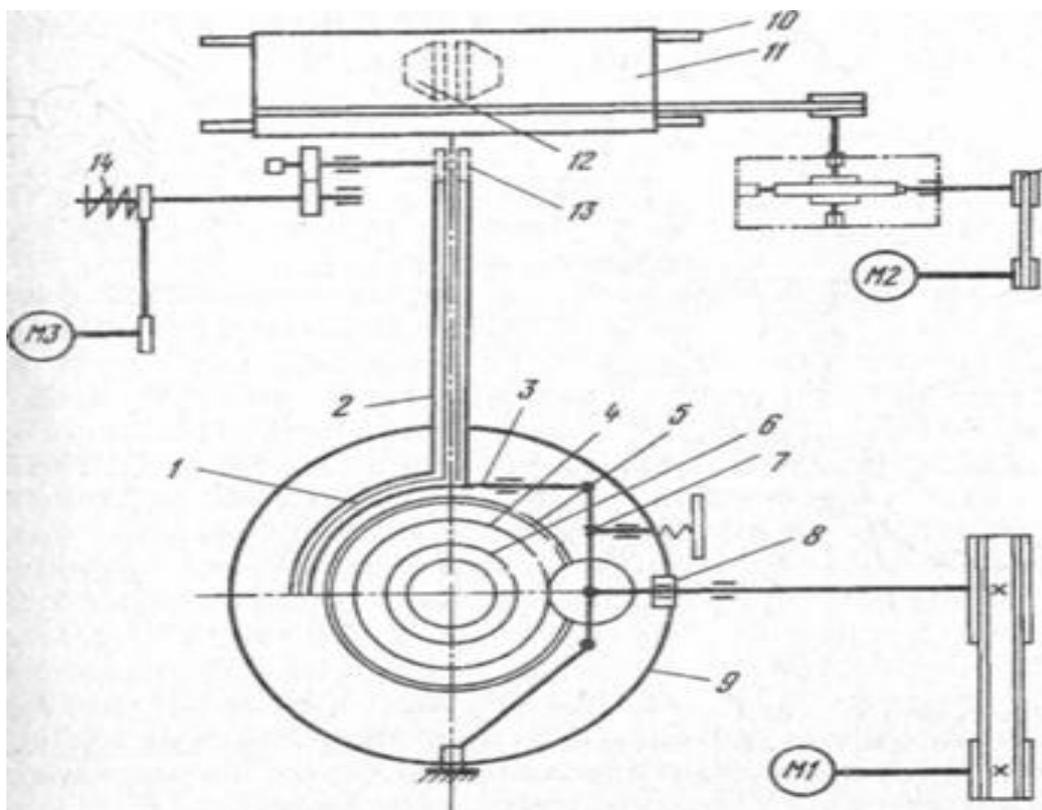


Рисунок 8.3. Кинематическая схема резьбонакатного автомата с сегментом.

12.3. СТАНКИ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ РЕЗЦАМИ И РЕЗЬБОНАРЕЗНЫМИ ГОЛОВКАМИ.

Резьботокарные станки

Станки предназначены для нарезания всевозможных, в том числе конических, резьб методом многопроходного точения в условиях крупносерийного и массового производств.

Техническая характеристика полуавтомата мод. 1Б922: наибольший диаметр нарезаемой резьбы - 200 мм, наибольшая длина резьбы -155 мм, пределы шага резьбы - 1,5-6 мм, пределы частот вращения шпинделя - 75-1500 мин⁻¹. Ста-

нок мод. 1Б922 (рисунок 12.4) снабжен также дополнительным гидрокопировальным суппортом (2-8) для предварительной токарной обработки в один или два прохода. Связь между движениями продольной каретки 6 и резцовых салазок 2 (или между их гидроцилиндрами 7 и 3) обеспечивается поворотным (от цилиндра 8) копиром 5 и датчиком 4. Главная особенность станка - барабанный кулачок (копирный барабан) 29 вместо ходового винта, что обеспечивает повышение скорости резьбонарезания, (особенно при большом числе заходов резьбы), оптимальный закон движения при реверсировании, а также деление на число заходов без дополнительного устройства (смешанное соединение кинематических групп формообразования и деления). При этом суппорт возвращается в исходное положение без реверсирования тягового устройства и всей цепи привода.

Однако при этом кулачок должен быть сменным в зависимости от шага p нарезаемой резьбы и ее длины, которая меньше шага $\%$ кулачка, кроме того шаг резьбы должен быть кратен шагу кулачка, иначе после одного оборота кулачка возникает рассогласование положения резца и витка резьбы. Для многозаходной резьбы с числом заходов к шаг кулачка f_6 не должен быть кратен ходу резьбы $P_n = P_k$, иначе резец не сможет автоматически перейти из одного захода в другие. Шпиндель 1 получает вращение через коробку скоростей 23 и связан с барабанным кулачком 29 через гитару 22 подач и деления на число заходов.

Наиболее сложный узел станка - резьбонарезной суппорт. Продольная каретка 20 перемещается при наладке вращением гайки на винте 19, а в цикле быстро подводится - отводится гидроцилиндром 21-Продольные салазки 11 выполняют движение подачи от кулачка 29. Поперечные салазки 15 по окончании рабочего хода резца выводят его из резьбы (действует кулачок 17), а после возврата резца к началу резьбы подают его для углубления профиля (действует кулачок 16)-Кулачки независимо поворачивают (преодолевая спиральную пружину 18) общий рычаг, верхнее плечо которого завершается линейкой 1~Последняя воздействует на следящий золотник 13, управляющий гидр⁰ цилиндром 14, это разгружает цепь поперечной подачи от усилия p^e зания. При нарезании конических резьб линейку 12 устанавливают под углом к продольному направлению и она служит копиром. Кулачок 16 - сменный и поворачивается после каждого прохода резца по всем заходам резьбы от цевочного механизма 25. Число проходов может быть от 3 до 64 и обеспечивается гитарой 27.

По завершении всех проходов кулачок 28 дает команду об окончании цикла резьбонарезания. Включение суппорта обеспечивает цилиндр 26. Пиноль 9 задней бабки перемещается цилиндром 10.

ретки. При ускоренном подводе заготовки к головке 2 каретка 5 своим упором 6 воздействует на упор 7 штанги и перемещает ее вместе с упором 3. При этом винтовой паз 7 на штанге обеспечивает ее поворот, то есть отвод упора 3 в сторону от заготовки. Кулачок 8, нажимая на конечный выключатель, включает рабочую подачу.

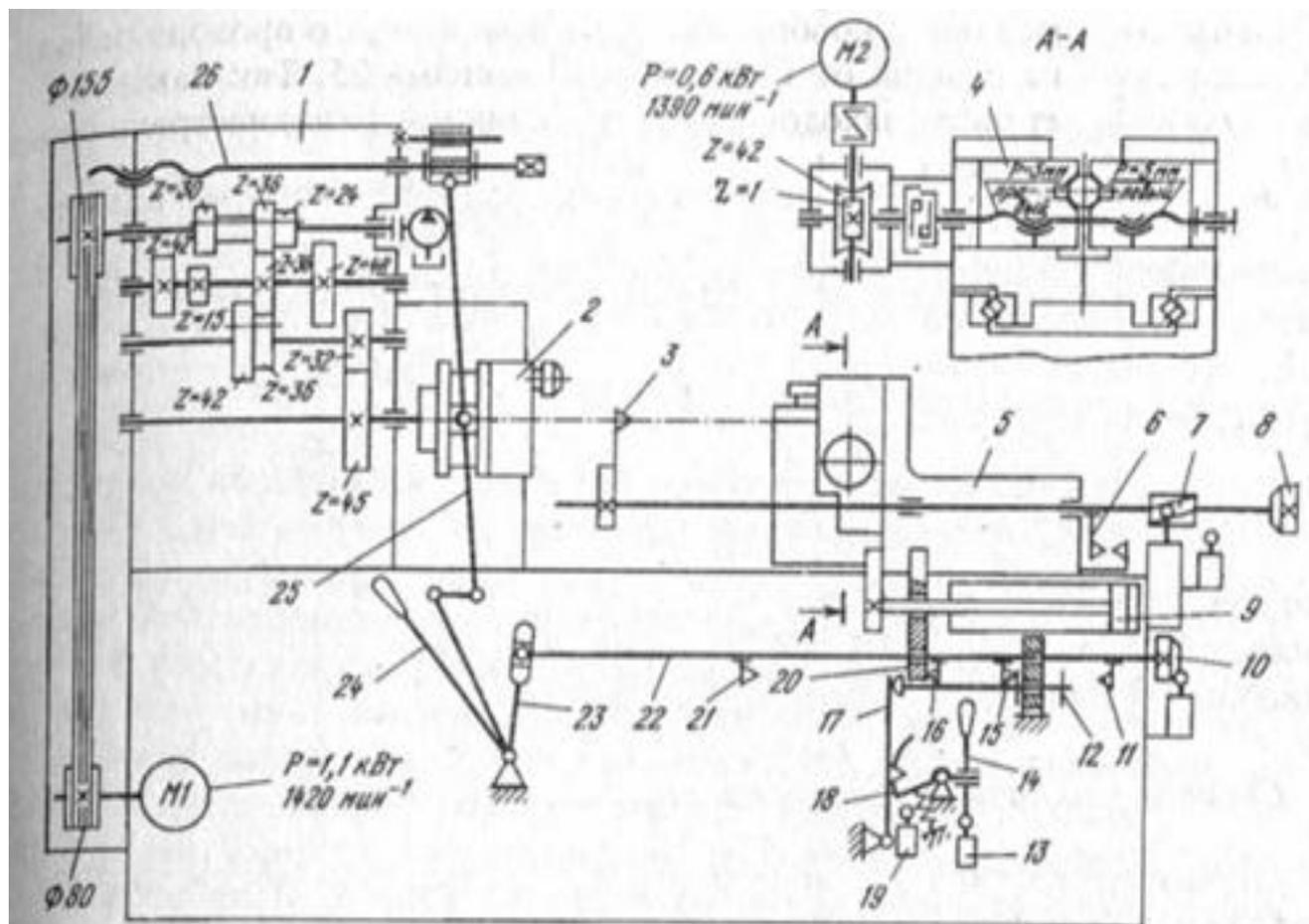


Рисунок 12.5. Кинематическая схема резьбонарезного полуавтомата модели 5991.

После нарезания резьбы кронштейн 20 каретки доходит до упора 21 на штанге 22 и перемещает ее, поворачивая рычаг 23. Через шарнирное соединение поворачивается рычаг-вилка 25, и головка 2 раскрывается - гребенки отходят от резьбы. В конце хода каретки и штанги 22 упор 11 перемещает толкатель 12, который поворачивает рычаг 17 с фиксатором, освобождая сектор 18. Тот под действием пружины нажимает конечный выключатель 19-каретка реверсируется, заготовка возвращается в исходное положение. В конце обратного хода кронштейном 20 перемещается упор 16 вместе со штангой 22 - головка 2 закрывается, а упором 15 возвращается толкатель 12. В то же время подводится упор 3. Автоматическая часть цикла завершается воздействием упора 10 на конечный выключатель и остановкой каретки.

Благодаря управлению циклом одной рукояткой 14 облегчается наладка и повышается производительность. При повороте в одной плоскости рукоятка 14 через сектор 18 взаимодействует с конечным выключателем 19, включая переме-

щение каретки влево или вправо; в другой плоскости она взаимодействует с конечным выключателем 13, давая команду на зажим или разжим заготовки. Рукоятка 24 связана с рычагом 23 раскрытия-закрытия головки. Винт 26 обеспечивает смену гребенок без отсоединения головки от механизма раскрытия.

Степень автоматизации резьбонарезных станков различна: от более дешевых модификаций с ручным управлением и приводом маховичками (для каретки и зажима) до автоматов с магазином, тип которого зависит от формы заготовок (с лотком, цепные или иные). Все станки оснащают приспособлением для заточки плоских гребенок на заточном стайте, а некоторые отрезным суппортом, расположенным на каретке, или поворотным устройством для нарезания резьбы на обоих концах заготовки.

Известны многошпиндельные резьбонарезные станки, например, двухсторонние с постоянным или настраиваемым расстоянием между шпиндельными головками. На базе резьбонарезных выпускают резьбонакатные станки или станки, предназначенные для обтачивания заготовок вращающейся головкой, для одновременной обработки торца вала, центrovания и т.п.

12.4. СТАНКИ ДЛЯ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКАМИ.

Вертикальные резьбонарезные станки

Для резьбонарезных станков, работающих машинными метчиками, отверстие должно быть заранее получено на другом станке либо при изготовлении заготовки (точным литьем и т.п.). Гайконарезные станки, работающие машинными метчиками, имеют разнообразную компоновку. Станки, нарезающие резьбу не только в гайках, но и в других деталях, в том числе корпусных - вертикальны, что удобно для установки любых заготовок. Так как осевое усилие при нарезании метчиками на порядок меньше, чем при сверлении, то оказывается возможной компоновка резьбонарезной головки на круглой колонне небольшого диаметра (порядка 100 мм). При этом установочное перемещение по высоте сообщается колонне приводом 8 (рисунок 12.6).

Точность повышают введением сменной копирной пары винт-гайка 3, которая осуществляет подачу, исключая самозатягивание. При этом осевое усилие не передается на деталь, что важно, например, для обработки легких сплавов. В нижней опоре шпинделя 1, несмотря на малые нагрузки, устанавливают второй радиальный подшипник, чтобы создать предварительный натяг. В результате достигается 5-ая, а на некоторых станках даже 2-ая степень точности резьбы.

Частоту вращения при вывертывании метчика повышают в 1,5-3 раза. Поскольку число циклов в единицу времени увеличивается, то реверсируют вращение инструмента переключением не электродвигателя, а муфт 6 и 7, кроме того для сокращения цикла реверсирования предусмотрен отдельный тормоз 2. В результате этого на станке мод. 2P056 наибольшее количество циклов достигает 25 в минуту.

Ввиду возможности заедания метчика предусмотрены настраиваемые предохранительные устройства в приводах главного движения (муфта 5) и подачи (в данном примере функцию предохранения выполняют пневмоцилиндры 4, ко-

торые служат также для быстрого отвода и подвода метчика). При перегрузке по крутящему моменту срабатывание муфты 5 сопровождается командой на реверсирование шпинделя. Несколько оборотов обратного вращения вызывает дробление стружки, после чего возобновляется процесс нарезания резьбы (при повторном сигнале о перегрузке станок выключается). Выпускают также станки с постоянной парой винт-гайка, но с гитарой сменных колес между шпинделем и винтом.

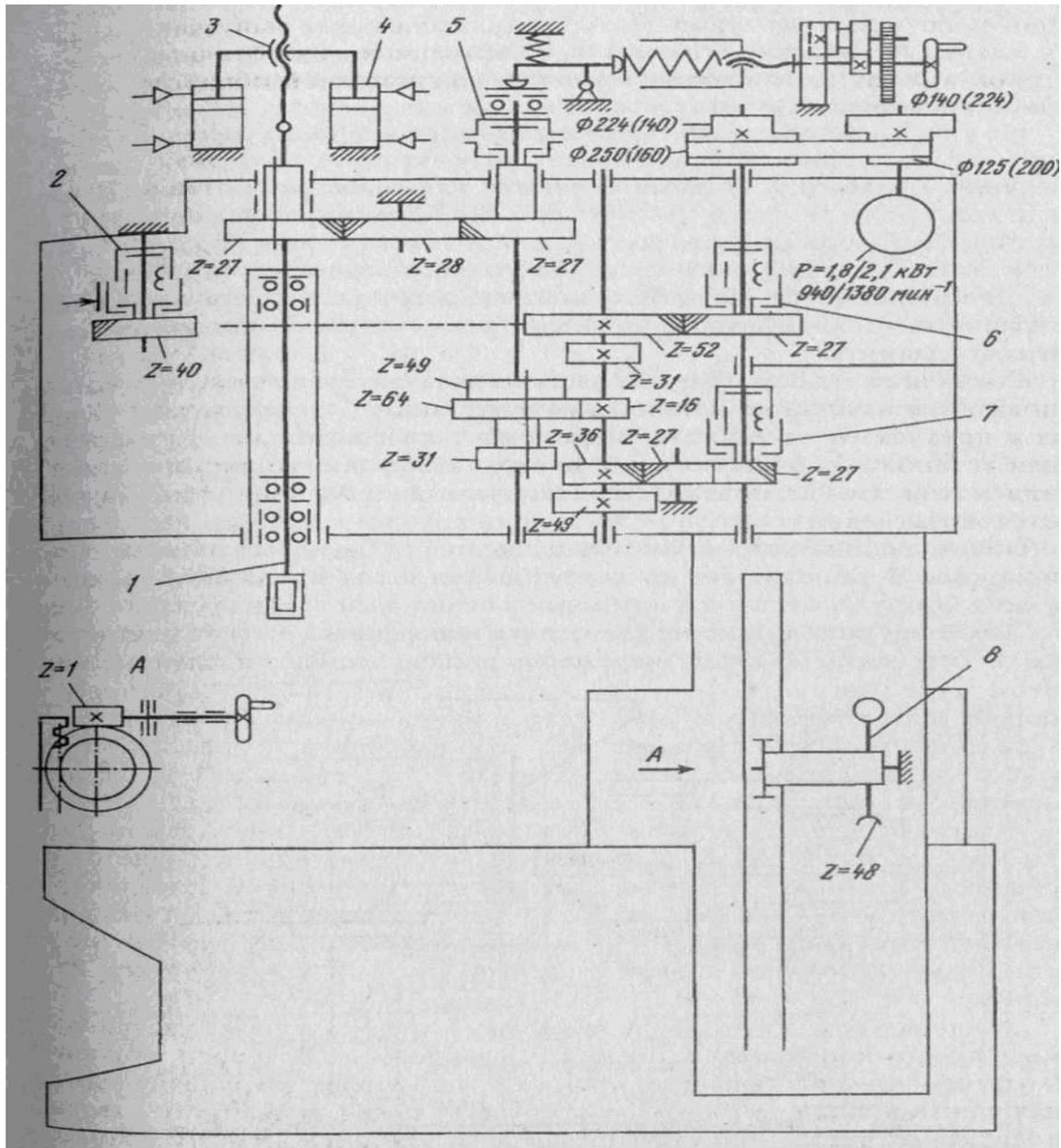


Рисунок 12.6. Кинематическая схема резьбонарезного полуавтомата модели 2PO56П.

Гайконарезные станки

Резьбу повышенной точности в гайках или глухую, коническую резьбу нарезают машинными метчиками на резьбонарезных (см. выше) или гайконарезных станках.

На рисунке 12.7 показана кинематическая схема наиболее распространенного отечественного двухшпиндельного автомата. Для двух секций, ведущих обработку, общими являются начальная часть привода (от двигателя М до валов I и II) и бункер 7. Шпиндель вращает патрон 12 и метчик 1 с Г-образным изогнутым хвостовиком. Гайки, пройдя его рабочую часть, нанизываются на хвостовик, продвигаются по нему, а затем сбрасываются. Не требуется зажим метчика, непрерывный цикл обработки и снятия деталей упрощает автоматизацию, повышает производительность. Сменная плита 8 двигается возвратно-поступательно от кривошипно-шатунного механизма 10, ворошит заготовки в бункере, ориентирует их и пропускает по лоткам на позицию перед метчиком. Кулачок 4, отведя ползун 5 с толкателем 6, проскакивает дальше, а они под действием пружины 3 двигаются к метчику, насаживая на него очередную заготовку. Направляющее устройство в виде призм 11 удерживает заготовку от поворота. В зависимости от соотношения силы пружины 3 и силы трения между заготовкой и призмами в начальный период резания (при большом крутящем моменте) заготовка неподвижна, метчик движется вдоль оси, затем к концу нарезания резьбы момент и сила трения уменьшаются и толкатель перемещает заготовку. Предохранительные устройства 2 и 9 срабатывают при чрезмерных силах (затупление метчика, заклинивание заготовки).

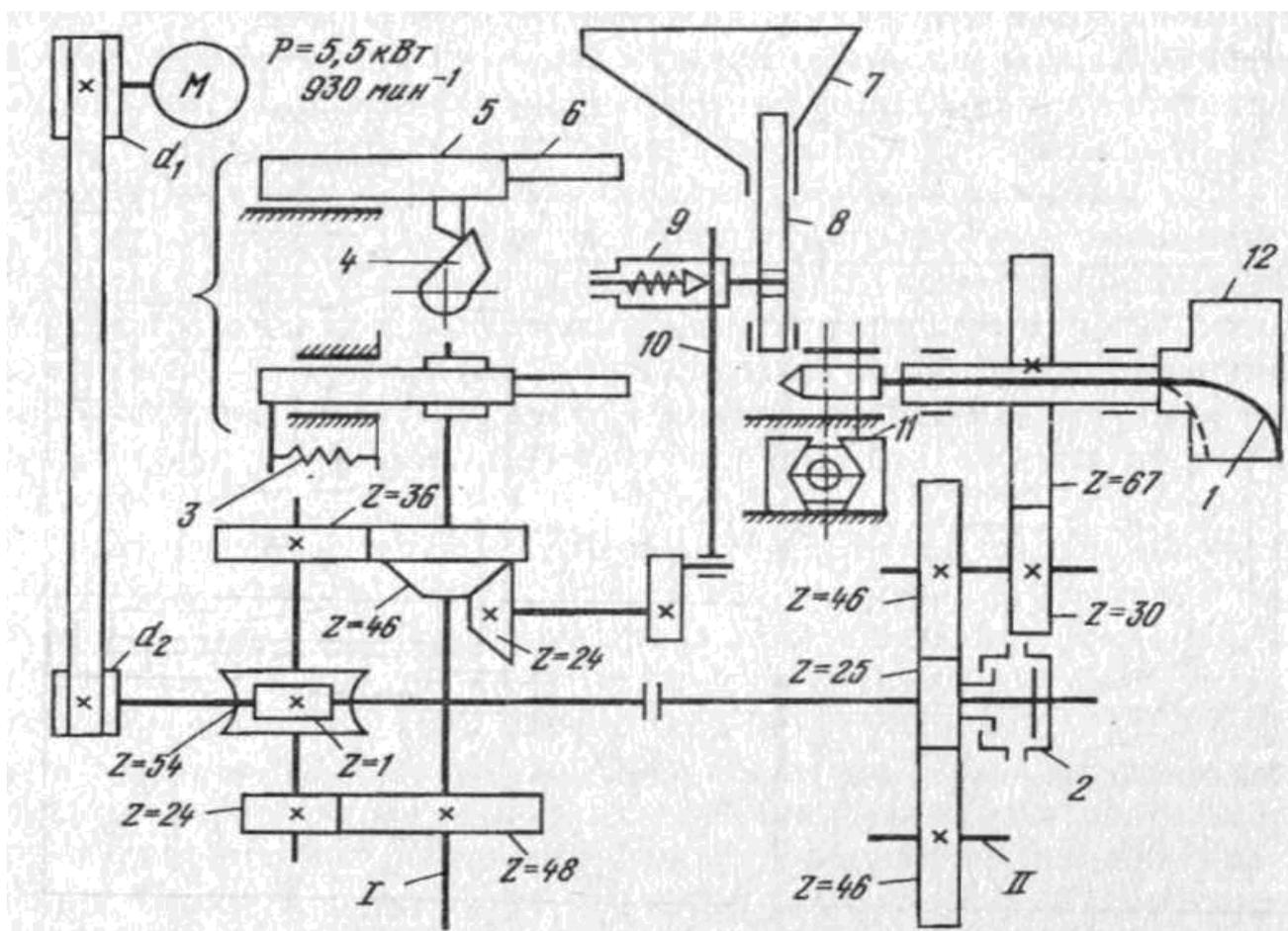


Рисунок 12.7. Кинематическая схема одной секции гайконарезного автомата модели 2064.

Разнообразие конструкций гайконарезных станков связано с различным базированием заготовок гаек и распределением вращательного и поступательного движений между метчиком и заготовкой.

12.5. РЕЗЬБОФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ.

Наиболее универсальные резьбофрезерные станки работают дисковыми и гребенчатыми фрезами. Заготовки могут закрепляться как в центрах, так и в патроне. Тяговым устройством служит длинный ходовой винт с гайкой.

Резьбофрезерный патронный полуавтомат мод. 5Д63 предназначен для нарезания гребенчатыми фрезами коротких наружных и внутренних резьб в условиях серийного и крупносерийного производства.

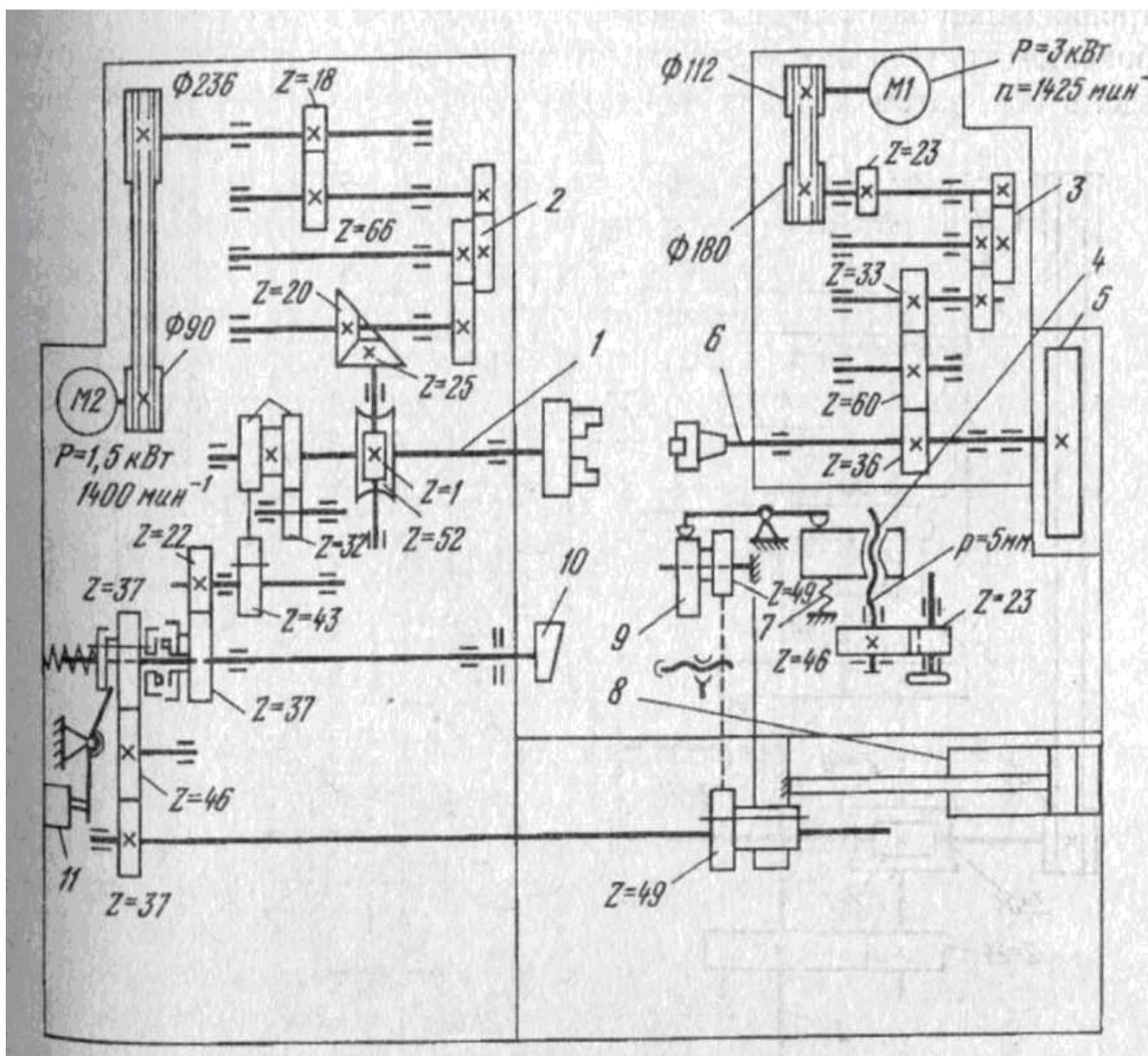


Рисунок 12.8. Кинематическая схема резьбофрезерного полуавтомата модели 5Д63.

Техническая характеристика станка. Наибольший диаметр нарезаемой резьбы 100 мм. Наибольшая длина резьбы 50 мм. Наибольший шаг резьбы 5 мм. Пределы частот вращения шпинделей: инструментального - 160-2500 мин⁻¹, с заготовкой - 0,315-16 мин⁻¹. Точность резьбы - 6 степень.

Кинематическая схема станка приведена на рисунке 12.8. Привод главного движения осуществляется от двигателя М1 через гитару скорости, которая находится во фрезерной головке. Маховик 5 сглаживает неравномерность вращения шпинделя. Привод круговой подачи заготовки от двигателя М2 через гитару сменных колес 2 до шпинделя τ_{0B}^{KI} движется в бабке изделия. Винторезная цепь согласует вращение заготовки (шпинделя 1) и осевое движение фрезерной головки, расположенной на каретке, от торцового кулачка (копира) 10. Синхронно с *[£] по Ю вращается дисковый кулачок 9, который, преодолевая пружину 7, обеспечивает врезание фрезы в поперечном направлении, установочные перемещения фрезерной головки возможны в поперечном направлении винтом с $p = 5$ мм, а в продольном - гидроцилиндра За цикл работы кулачки 9 и 10 совершают ровно один оборот и устанавливаются при выключении муфты электромагнитом 11. Заготовка же поворачивается на 1.3 оборота, причем 0,31 оборота занимает врезание и вывод фрезы из резьбы.

Конструкция каретки (рис. 12.9). Каретка состоит из одноименного корпуса 7 и поперечных салазок 4. Продольное движение осуществляется по средней призматической и крайним плоским замкнутым направляющим. Поперечные салазки перемещаются по комбинированным направляющим: левая имеет форму половины ласточкина хвоста, правая - широкая прямоугольная. В средней части салазок предусмотрена дополнительная направляющая в форме ласточкина хвоста малого размера, она охватывается корпусом 10 поперечной гайки 5 и зажимной планкой 11.

При зажатой планке 11 гайка 5 соединена с салазками, как и опора поперечного винта 6. Кулачок врезания 9 при вращении толкает через рычаг 12 корпус 10 гайки 5 вместе с салазками 7 и винтом 6. Происходит врезание или отвод фрезы. При наладке отжимают планку 11, разъединяя гайку и салазки, и маховичком 1 через шлицевый вал 2, зубчатые колеса 3 и 8 вращают винт 6, осуществляя поперечное установочное перемещение салазок.

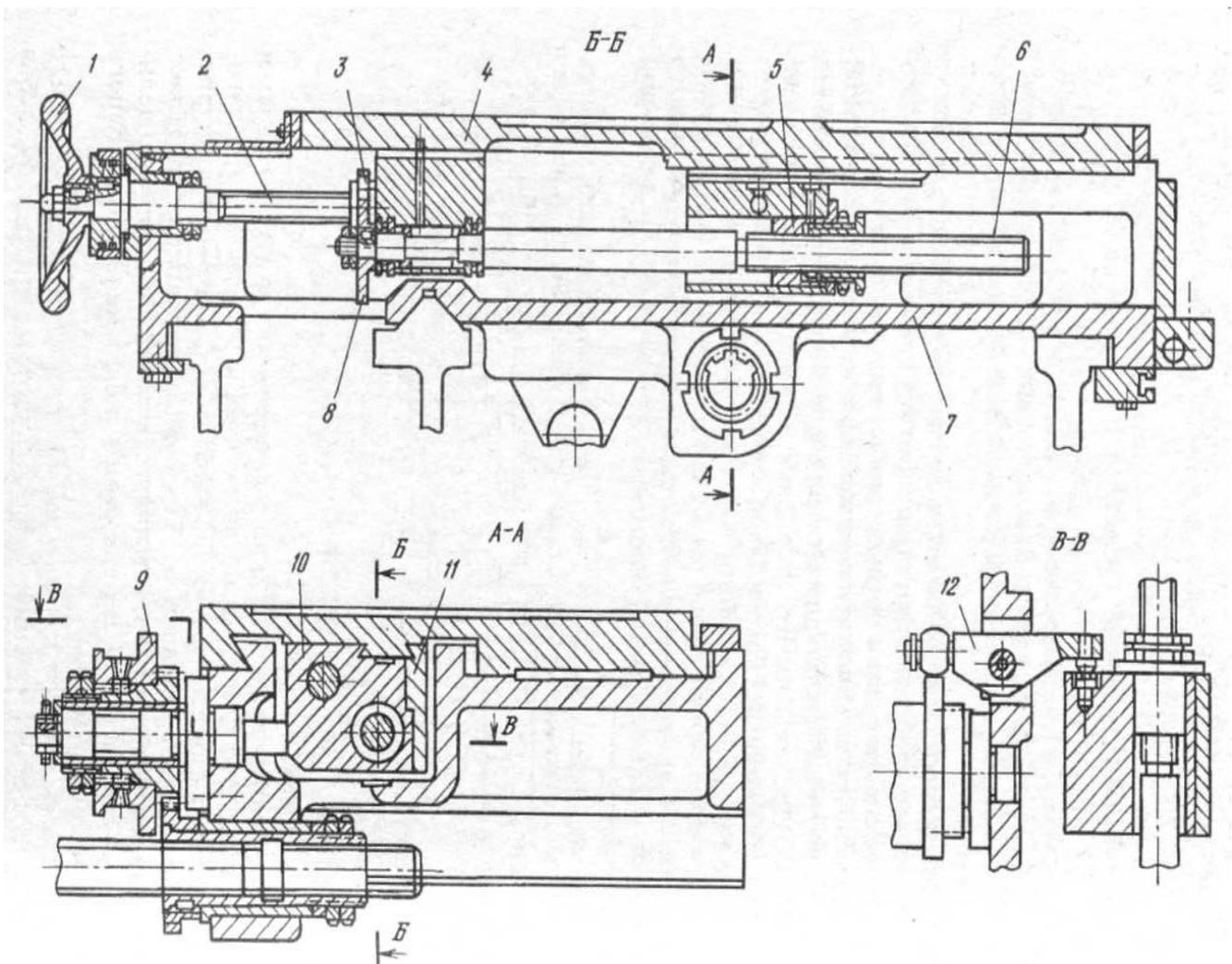


Рисунок 12.9. Каретка резьбофрезерного станка.

12.6. РЕЗЬБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ.

Резьбошлифовальные станки являются одними из самых сложных и точных станков. Это обусловлено разнообразием деталей, при изготовлении которых они используются: винты и червяки, метчики и фрезы рейки и резьбовые кольца и т.д. Точность этих станков определяет качество деталей наиболее ответственных механизмов (например делительных червячных передач, передач винт-гайка), качество режущего и мерительного инструмента «классификация станков связана прежде всего с их назначением, с особенностями формы изделий. Обрабатывать можно резьбу, зубья $p_{сн}$ и $K_{ов}$ и Фрез, зубья реек. Резьба может быть наружной и внутренней, цилиндрической и конической, мелкой (на шпинделях) и крупной, с метрическим, трапецеидальным, полукруглым и другим профилем (на ' малой длины (у калибров) и большой (у ходовых винтов), с n числом заходов. Режущие зубья располагаются по окружности $p_{азН\wedge_о}$ винтовой линии, должны быть затылованными, разделены $я_{ди}$ и винтовыми стружечными канавками. Рейки бывают прямыми или круглыми с кольцевыми зубьями. Шлифование ведут или многонточным кругом.

ГОСТ 6728-80 на основные размеры предусматривает ряд диаметров устанавливаемого изделия в пределах от 80 до 500 мм. Самым распространенным является средний размер станка, для обработки заготовок диаметром до 200 мм и длиной до 500 мм. Подавляющую часть универсальных резьбошлифовальных станков выпускают по классу точности В, для которого ГОСТ 8716-81 устанавливает допуски по точности и жесткости. Для станка с $D = 200$ мм указаны следующие допустимые погрешности: подъема винтовой линии (периодическая погрешность шага) - 3 мкм, половины угла профиля - 5 мин.

Представителем универсальных резьбошлифовальных станков (без ЧПУ) является серийный станок мод. 5К822В. На рисунке 12.10 показана кинематическая схема одной из модификаций этого станка. Его компоновка аналогична круглошлифовальным станкам. Передняя бабка со шпинделем 3 и задняя бабка 15 вместе со столом получают продольное движение, а шлифовальная бабка 16* сообщает поперечное перемещение шлифовальному шпинделю 17 от двигателя Мб. Устройство правки с алмазами 14 расположено сверху.

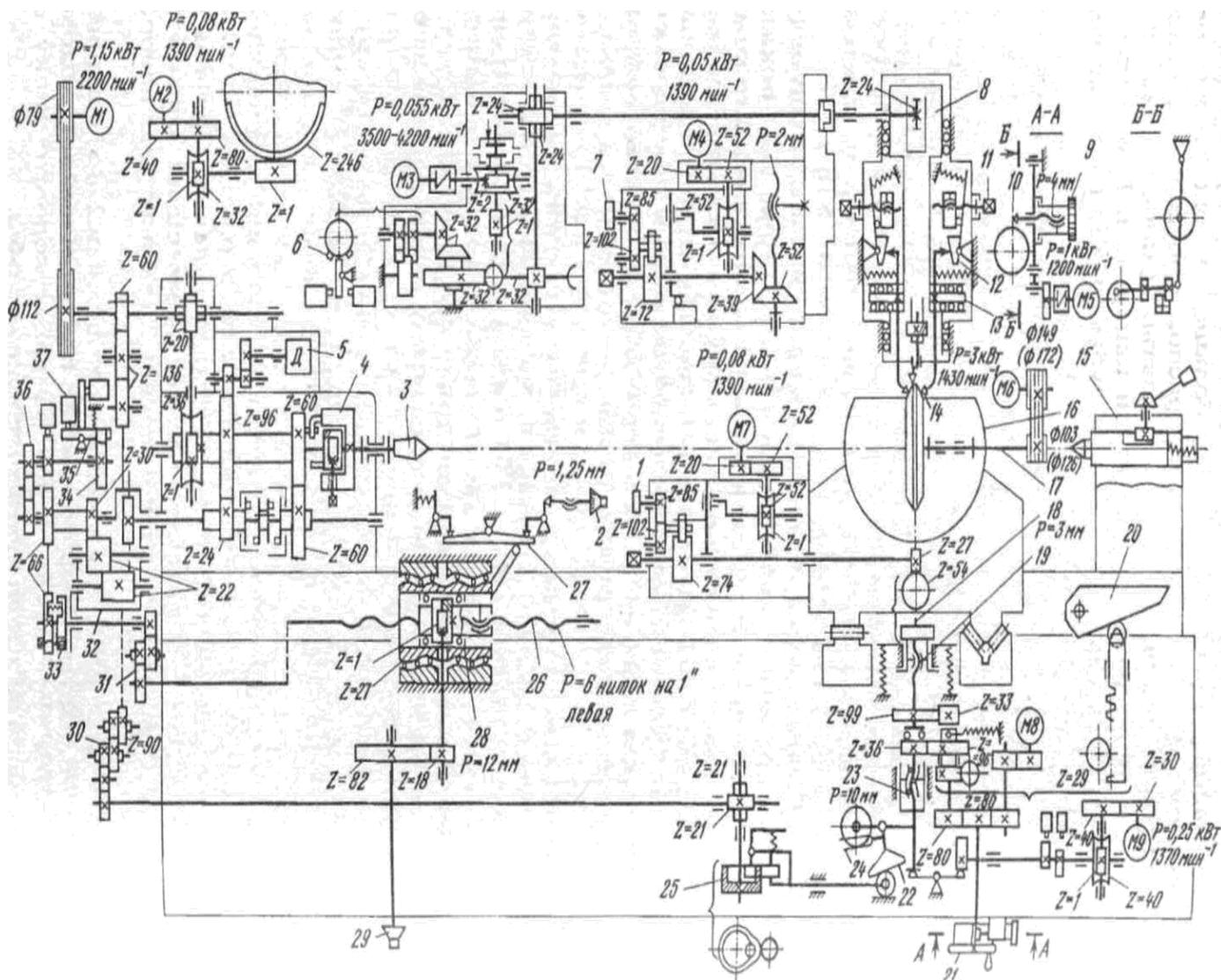


Рисунок 12.10. Кинематическая схема универсального резьбошлифовального станка без ЧПУ.

Движения круговой, продольной и поперечной подач осуществляются от двигателя М1. Винторезная цепь связывает через гитару сменных колес 31 шпиндель 3 с ходовым винтом 26, закрепленным на столе, ходовая гайка связана со станиной. Механизм 4 регулирования зазора в этой цепи обеспечивает шлифование при обратном ходе стола. Датчик 5 вращения шпинделя используют при врезном шлифовании.

В устройстве деления на число заходов во время шлифования движение передается с одного центрального колеса $z = 30$ дифференциала на другое центральное колесо $z = 30$ и далее на винторезную гитару 31; водило 32 удерживается от поворота делительным диском 34 и фиксатором 35. При делении электромагнит 37 выдергивает фиксатор 35 из паза диска 34. Из-за тормоза 33 движение с выходного вала передней бабки начинает передаваться на водило 32, свободно вращающееся вместе с диском 34, при этом шпиндель с заготовкой продолжает вращаться, стол останавливается - происходит деление. При выключенном электромагните 37 однопазовый диск 34 завершает один оборот и фиксируется. От настройки гитары деления 36 зависит угол поворота заготовки.

Коррекционный винт 28, поворачиваясь от линейки 27 (её наклоняют рукояткой 2), смещается вдоль оси вместе с ходовой гайкой, ходовым винтом и столом. Рукоятка 29 поворачивает ходовую гайку для смещения стола при введении круга во впадину резьбы.

Комплекс механизмов обеспечивает разнообразные поперечные перемещения шлифовальной бабки: установочное движение от маховика 21 или двигателя М8 (вращается винт 18), быстрый отвод-подвод от двигателя М9 (кулачок через рычаг толкает систему из двух последовательных передач винт-гайка), поперечную подачу для шлифования конической резьбы от копира 20 на столе (вращается и перемещается винт 23), движение затылования или поперечное врезание от кулачка 25 (продольное перемещение толкателя ползушки преобразуется в поперечное перемещение за счет клиновой линейки 22; механизмом 24 регулируют величину затылования - угол наклона линейки 22; гитара затылования 30 учитывает число стружечных канавок и их наклон), компенсацию уменьшения диаметра круга при правке, чтобы сохранить контакт со шлифуемой поверхностью - от двигателя М7 (через кривошипно-кулисный и храповой механизмы вращается и перемещается гайка 19; рукояткой 1 регулируют положение щитка храпового механизма). Рукояткой 9 регулируют положение упора 10 на лимбе поперечной подачи, двигатель М5 отводит механизм регулирования. Для настройки на угол подъема шлифуемой резьбы шлифовальная бабка 16 разделена на барабан и салазки с седловидной расточкой под него. Барабан поворачивают двигателем М2.

Третья группа механизмов обеспечивает правку круга. Реечное колесо $Z = 24$, получая вращение от двигателя М3, перемещает продольно каретку 8 по одной координате (ход зависит от упоров 6) вместе с поперечными ползушками 13 и закрепленными в них боковыми алмазами 14. При этом щуп, связанный с поперечной ползушкой, скользит по копиру 12, перемещая ползушку с алмазом по другой координате; рукояткой 11 устанавливают угол шлифуемого профиля (наклон копира). Средний алмаз правит периферию круга, поворачиваясь от колеса, сцеп-

ленного с косозубой рейкой. Привод с двигателем М4 перемещает правящее устройство для углубления алмазов (рукоятки 7 и 1 аналогичны).

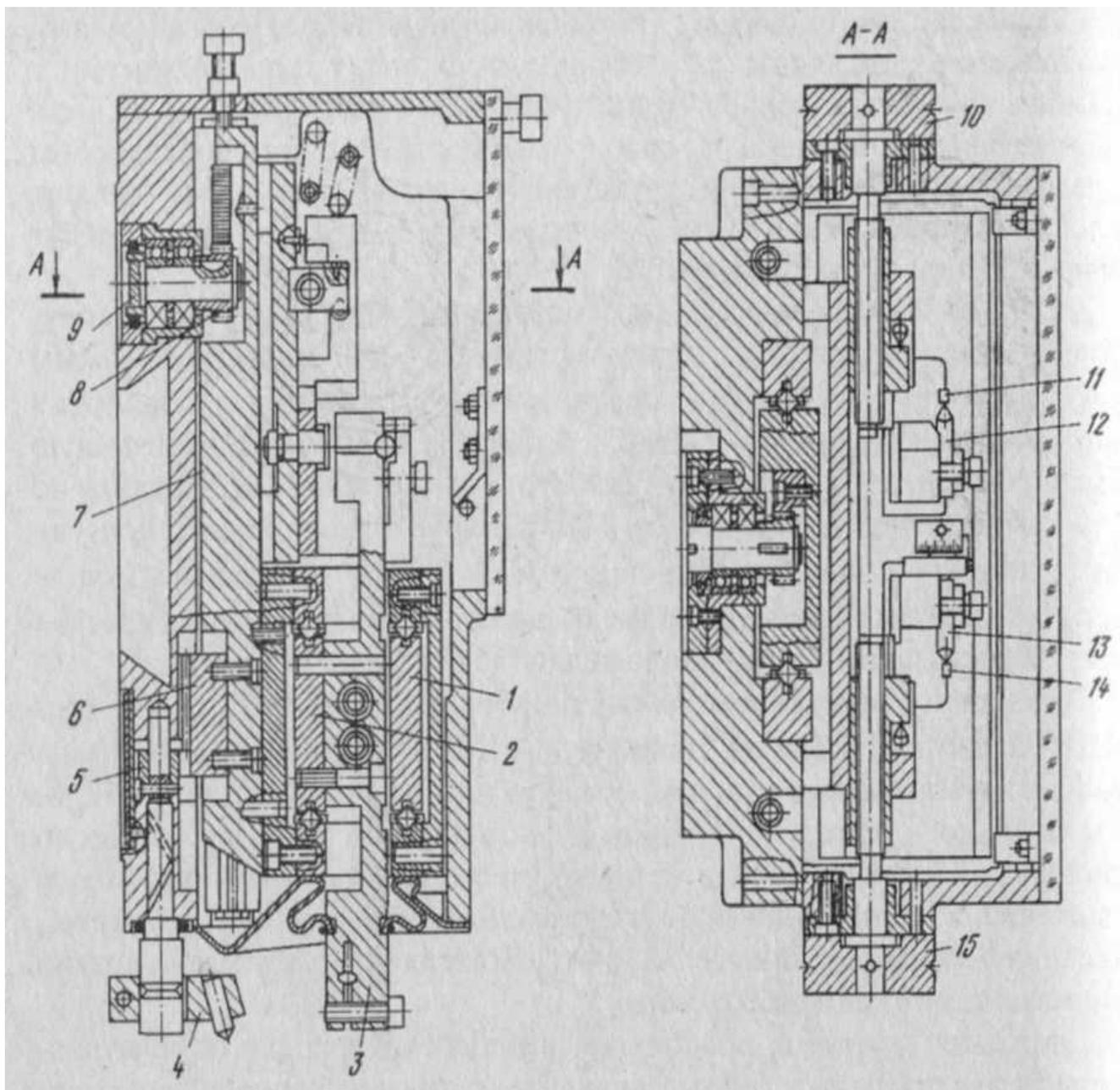


Рисунок 12.11. Устройство для правки: 1, 2 – поперечные ползушки, 3 – державка бокового (профильного) алмаза, 4 – держатель среднего алмаза, 5, 6 – косозубые колесо и рейка привода среднего (периферийного) алмаза, 7 – продольная каретка, 8 – реечная передача, 9 – вал привода, 10, 15 – рукоятки регулирования углов наклона копиров 11 и 14, 12,13 – щупы поперечных ползушек.

Конструкция характерных узлов на рисунках 12.11 и 12.12 понятна, исходя из подрисовочных подписей, с учетом сопоставления с кинематической схемой рисунок 12.10.

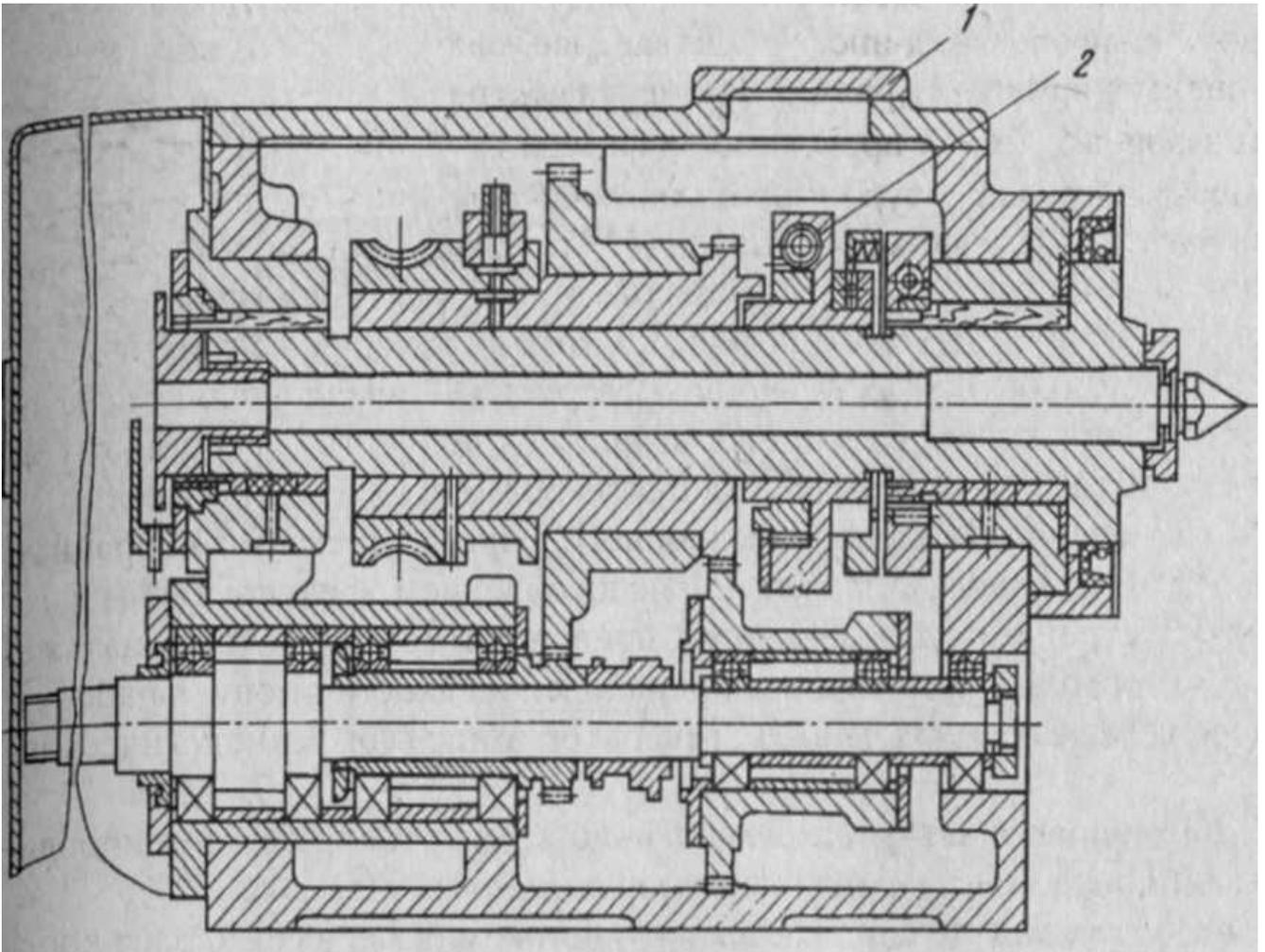


Рисунок 12.12. Передняя бабка: 1 – крышка, 2 – устройство компенсации зазора в цепи.

Внутрирезьбошлифовальный станок (рисунок 12.13, в). Шпиндель 33 бабры изделия получает вращение от двигателя М1 через устройство 30 регулирования зазора в цепи, а ходовой винт 22 - через звено увеличения шага, переключаемое рейкой 25, механизм деления 28-29 и винторезную гитару 26. Деление включается электромагнитом 31.

Расположение правящих устройств на станине (кронштейн 2) исключает необходимость устройства, компенсирующего уменьшение диаметра круга. Правящие устройства без ЧПУ различны для трапецеидального и радиусного профиля (см. рисунок 12.13, а,б). В обоих случаях алмазы перемещают по дуге с помощью гидроцилиндров 34 и 35. При соединении щупа 40 с колонкой 37 винтом 39 рычаг 38 со щупом и алмазом вращаются вместе с колонкой, как одно целое, независимо от копиров 41 - получается полукруглый профиль (ползушку 36 смещают при настройке радиуса); при отпущенном винте 39 пружина прижимает щуп к копиям, наклоняя рычаг 38 с алмазом по мере поворота колонки - получается арочный профиль.

С помощью муфты 32, кулачка 23, штанги 27 выдергивается фиксатор 28 - стол останавливается. Делительный диск 29 рассчитан на разные числа заходов, и

протяженность сменного кулачка 23 обеспечивает удержание фиксатора, пока он не дойдет до нужного паза. Микропереключатель 24 выключает электромагнит 31. Наклоненная линейка 21 через винт 20 корректирует движение стола. Ходовую гайку 19 можно поворачивать через червячную передачу, смещая стол при попадании кругом в нитку резьбы.

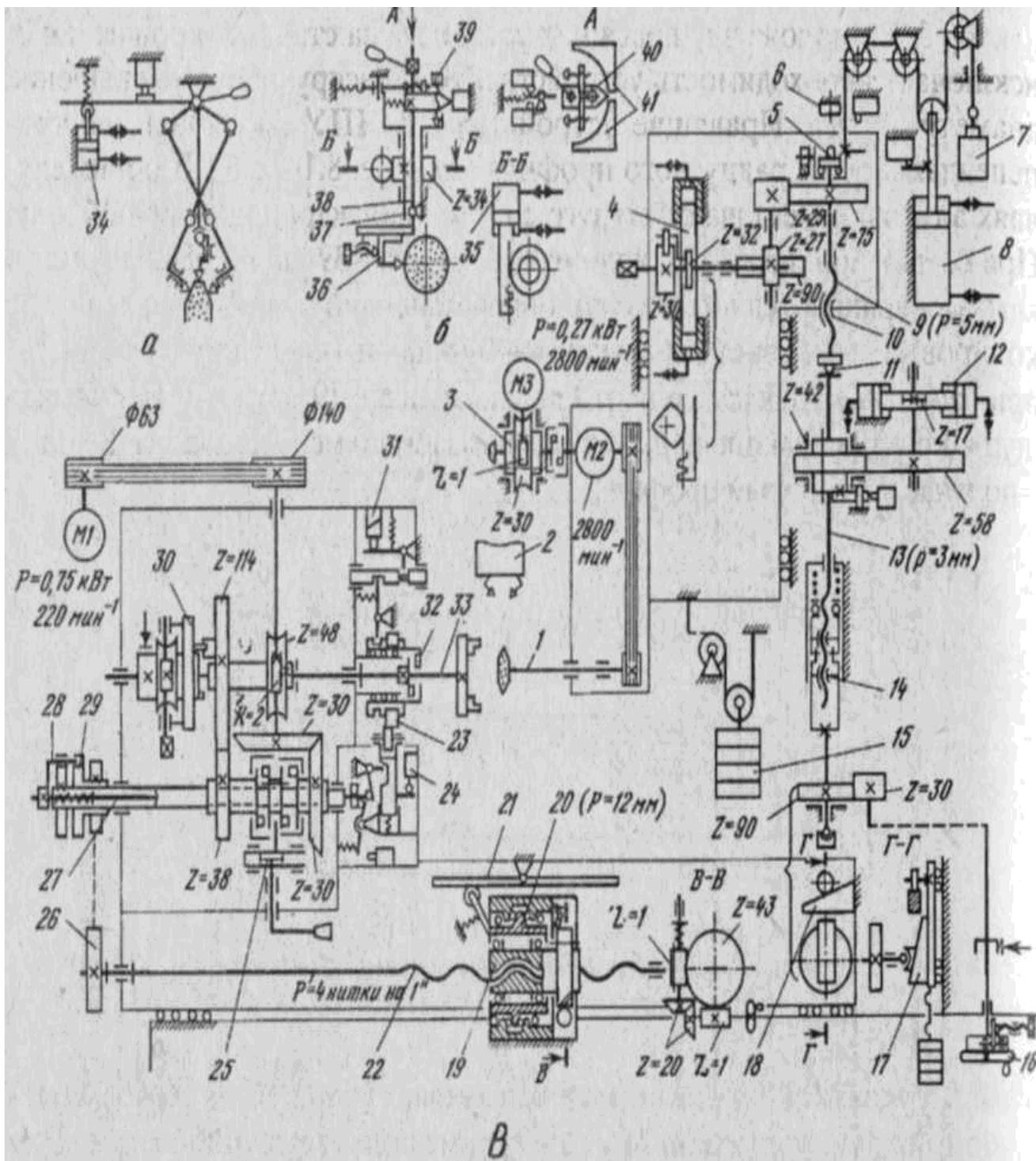


Рисунок 12.13. Кинематическая схема внутрирезьбошлифовального станка.

Копир 18, закрепленный на столе, через клиновую линейку 17 перемещает винтовые пары 14-13, 9-10 вместе со шлифовальной бабкой при обработке конической резьбы. Кроме того, бабку можно двигать маховичком 16 (вращается гайка 14), шток - рейкой 12 (вращается винт 13 для быстрого отвода от заготовки), гидроцилиндром 8 при отводе для правки или загрузки (до упора 6, преодолевая сначала груз 7, пока он не дойдет до упора, а потом больший груз 15), плунжером-рейкой 4 (вращается винт 9 для дозированного углубления при правке). Гидротормозы 5 и 11 смягчают останов.

Шлифовальный шпиндель 1 при обработке получает вращение от двигателя М2, а при правке накатыванием - от двигателя М3 через редуктор 3.

ГЛАВА 13. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС.

13.1. СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ЛЕЗВИЙНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.

Наибольшее распространение в машиностроении получили зубчатые колеса с малочувствительным к изменению межосевого расстояния вольвентным зацеплением. Для получения высокой точности и производительности часто сначала производят черновое зубонарезание (зубофрезерование, зубодолбление, зубострогание) на предельных режимах резания, а затем выполняют чистовую обработку (шевингование, шлифование и др.) (рисунок 13.1).

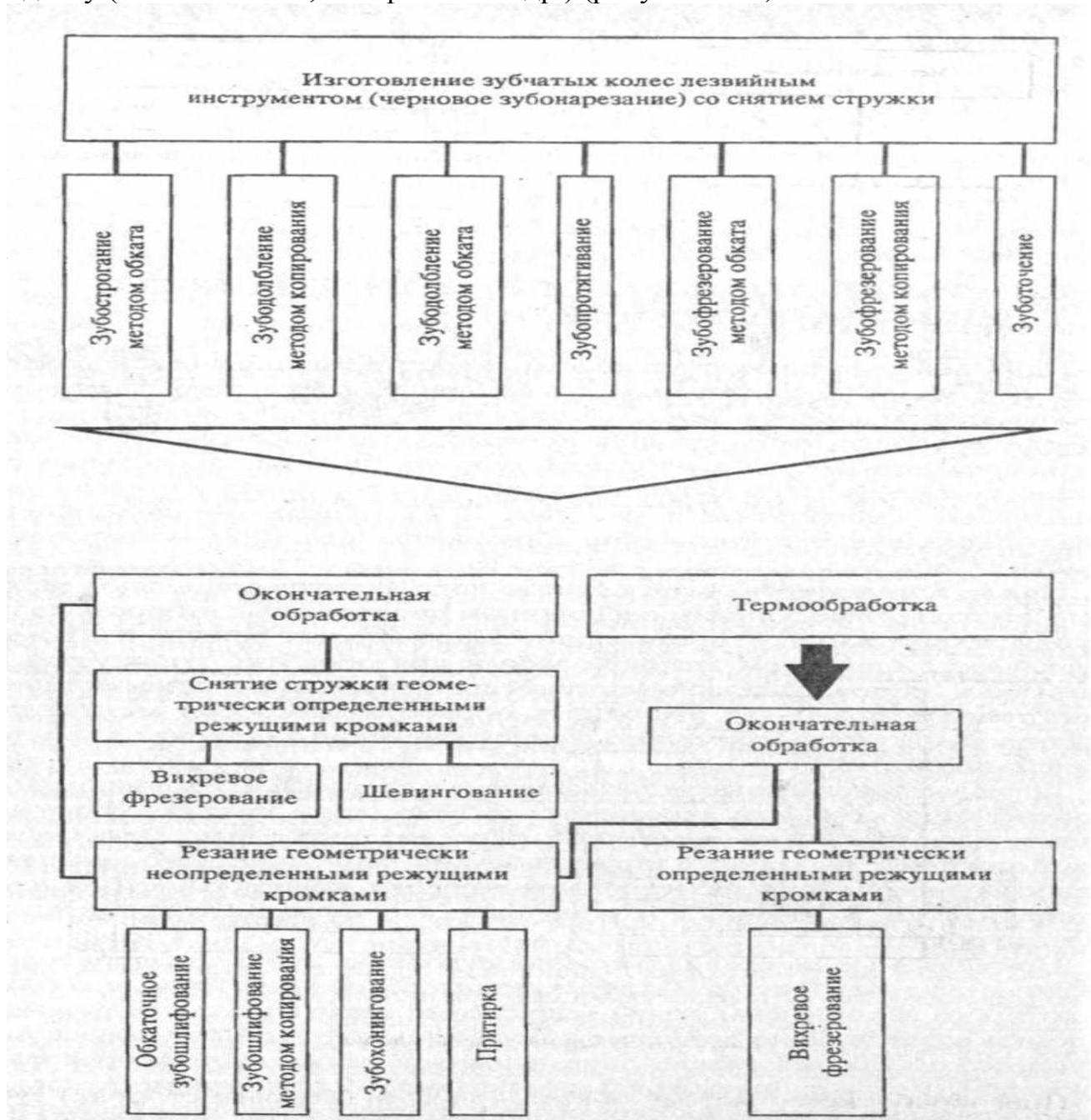


Рисунок 13.1 Классификация и типовые варианты технологических процессов обработки зубчатых колес резанием.

Используют два принципиально различных метода формообразования (рисунок 13.2) - копирование и обкат.

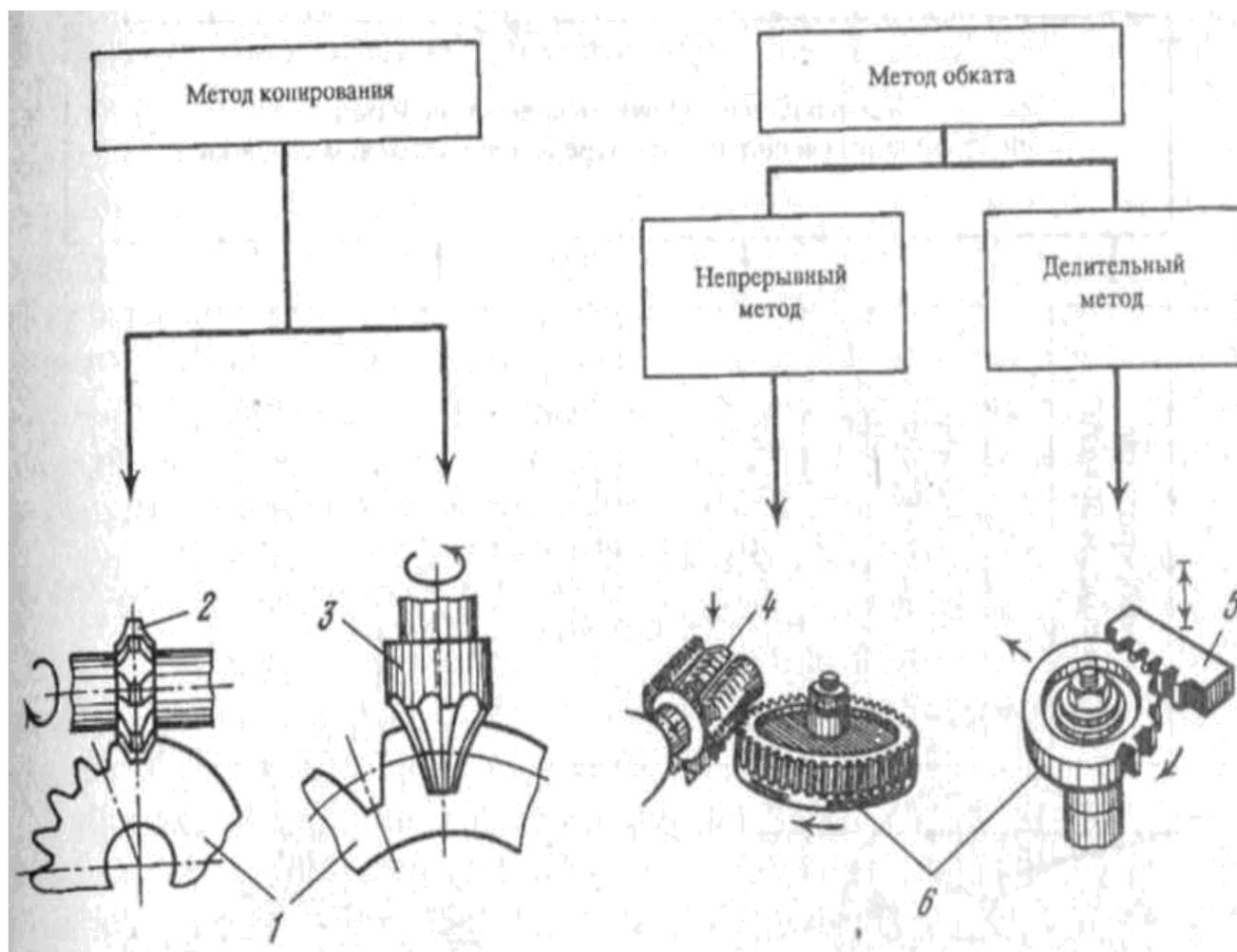


Рисунок 13.2. Методы обработки профилей зубьев цилиндрических колес.

При методе копирования в качестве инструментов применяют дисковые 2 и пальцевые 3 фрезы в единичном производстве, зуборезные головки и протяжки - в массовом. Профиль их режущей кромки совпадает с профилем впадины зуба и при обработке копируется на заготовке 1. Сложный (эвольвентный) профиль режущей кромки такого инструмента позволяет выполнять обработку по этому методу при минимальном числе формообразующих движений на станках с простой кинематикой.

Дисковые и пальцевые модульные фрезы должны быть подобраны в соответствии с числом нарезаемых зубьев, углом подъема винтовой линии и настроены на расчетное межосевое расстояние. Отклонения шага профиля, вызванные погрешностями периодического деления и износом инструмента, не позволяют получить колеса выше 10-й и 9-й степени (ГОСТ 1643-81), что на одну - две степени хуже, чем при методе обката.

Применяемые на специальном оборудовании зуборезные (зубодолбежные) головки (рисунок 13.3) представляют собой устройство, в корпусе 5 которого установлены резцы 3, по своему числу и профилю режущей кромки совпадающие с числом и профилем нарезаемого колеса 4. В процессе обработки резцы, перемещаясь в радиальном направлении сводящим 1 (при рабочем ходе) и разводящим 2 (при вспомогательном ходе) кольцами, постепенно подаются к центру заготовки, обеспечивая одновременное нарезание всех зубьев. Как и протяжки, зуборезные головки предназначены для нарезания зубьев лишь на колесах, имеющих одинаковые параметры.

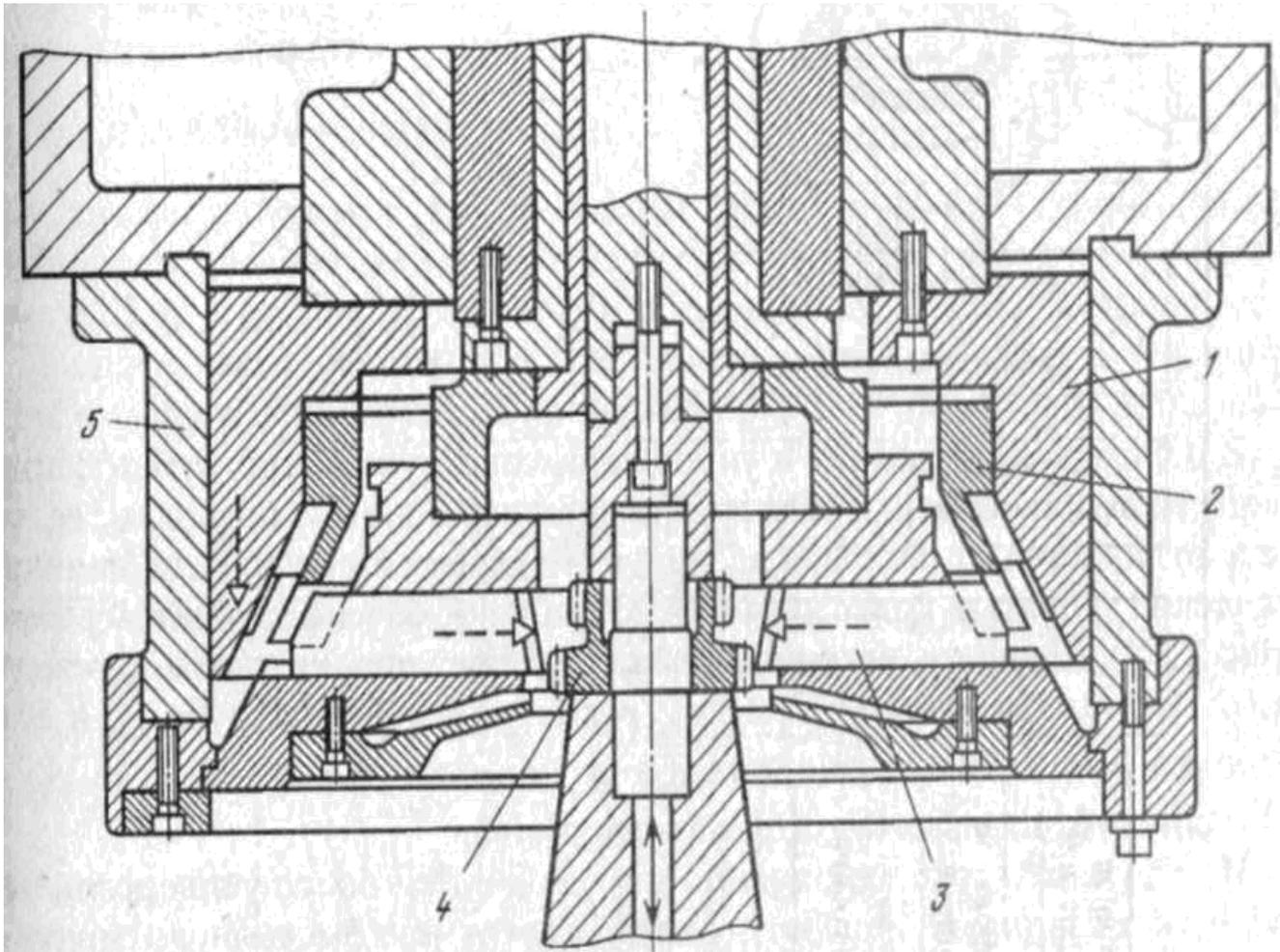


Рисунок 13.3. Зубодолбежная головка.

При обработке по методу обката профиль (боковая сторона) зуба образуется в результате совершаемых на станке движений обката инструмента и заготовки друг относительно друга. Это достигается с помощью кинематической связи между инструментом и заготовкой, выполняемой в большинстве случаев в виде кинематической цепи.

В целях стандартизации и упрощения конструкции инструмент, применяемый при обкате, имеет прямолинейные боковые поверхности, то есть отличается от профиля впадины. Исходным контуром для цилиндрических зубчатых колес является нормальное сечение зубчатой рейки (рисунок 13.4). Профиль ис-

ходной рейки характеризуется углом профиля $\alpha = 20^\circ$, шагом зубьев P_n , расчетной высотой зуба h_u и его головки h' , а также толщиной зуба по нормали S_n .

Инструменты, работающие по методу обката, более универсальны, так как позволяют нарезать одним инструментом данного модуля колеса практически с любым числом зубьев.

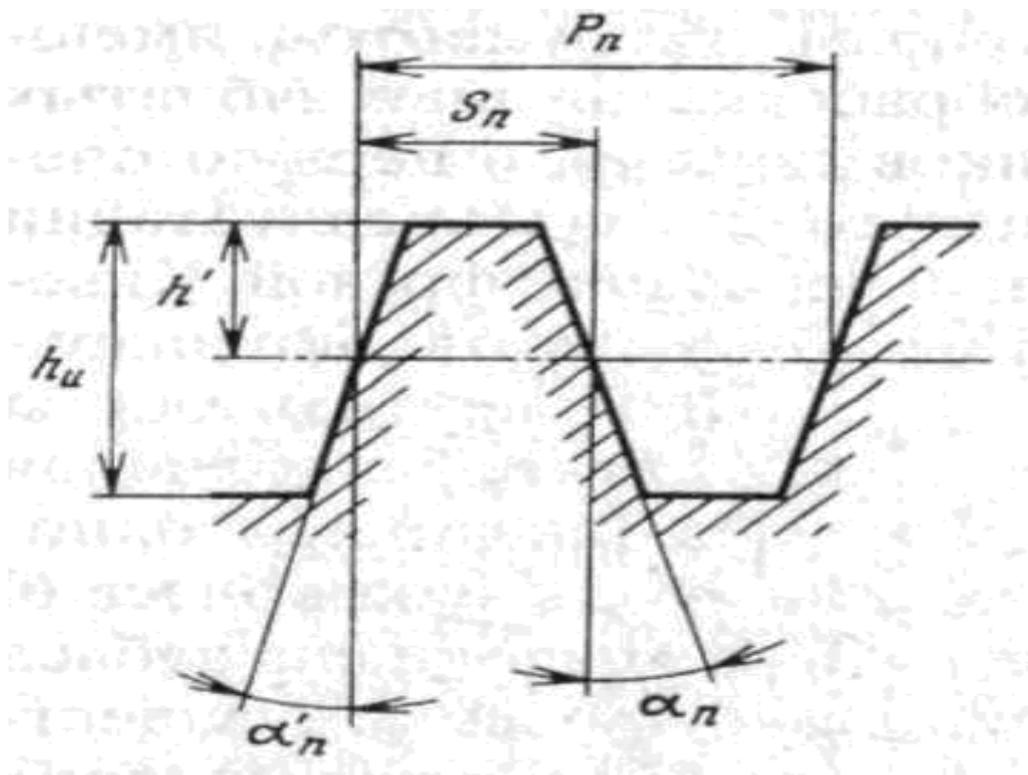


Рисунок 13.4. Исходный контур.

При нарезании по методу обката цилиндрических колес с прямым и винтовым зубом в процессе обработки имитируется зацепление воображаемого зубчатого колеса или зубчатой рейки с нарезаемым колесом-заготовкой 1 (рисунок 13.5, а). Роль воображаемого зубчатого колеса выполняет инструмент - зуборезный долбяк 2, а роль рейки - зуборезные гребенки 5 (см. рисунок 13.2) или червячные модульные фрезы 4. Профилирование одной впадины зубчатого венца показано на рис. 13.5, б).

Зубострогание методом обката прямобочным инструментом, имеющим форму рейки, нашло применение при обработке крупных зубчатых колес. Применение зубострогальных станков связано, в первую очередь, с меньшей (на порядок) стоимостью изготовления и эксплуатации инструмента по сравнению с крупномодульной червячной фрезой. Кинематика способа обработки гребенками соответствует обкатке цилиндрического колеса по зубчатой рейке (см. рисунок 13.2). Эвольвентная форма оковых поверхностей зубьев образуется в результате выполнения прямой режущей кромкой гребенки 5 движения обката при одновременном возвратно-поступательном движении вдоль зуба колеса 6. Так как число зубьев инструмента, как правило, меньше числа зубьев нарезаемого колеса, то обкат по активной длине гребенки осуществляется многократно, для чего в кинематике

станка предусмотрено периодическое деление. Обкат и отвод гребенки повторяют до тех пор, пока на заготовке не будут нарезаны все зубья.

Зубодолбежные станки непригодны для нарезания червячных колес. Однако, они имеют преимущества по сравнению с зубофрезерными при обработке зубчатых колес небольшой ширины (из-за малого времени резания долбяка в заготовку), при комбинированной (черновой и чистотой) обработке колес малого модуля и из высокопрочного материала. На зубодолбежных станках можно нарезать колеса с внутренним зубом небольшого диаметра.

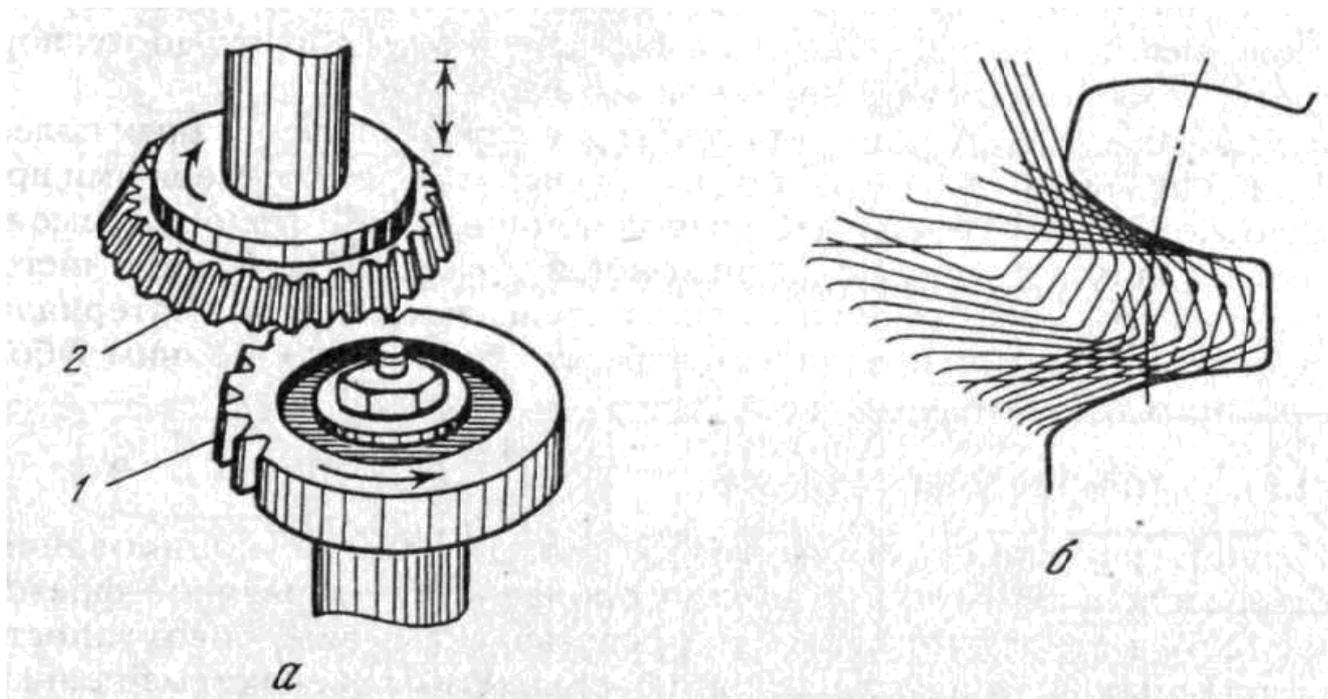


Рисунок 13.5. Схемы нарезания зубчатых колес методом обката: а - долбяком, б - червячной фрезой.

13.1.1. ЗУБОФРЕЗЕРНЫЕ СТАНКИ.

Станки работают как методом обката, так и копирования. Зубофрезерование методом обката производится червячной фрезой рисунок 13.6), которая может быть представлена в виде совокупности закрепленных на цилиндрической поверхности гребенок, смещенных руг относительно друга. В процессе обработки происходит взаимный обкат инструмента с заготовкой подобно обкату червяка с колесом в червячной передаче. При этом образуется узкая полоска на боковой поверхности заготовки (след фрезы).

Основные способы фрезерования методом обката, осуществляемые на универсальных зубофрезерных станках подразумевают в основном способ продольной (вдоль оси заготовки) подачи, а также в средне- и крупносерийном производствах фрезерование с угловой (в направлении наклона зуба) подачей.

При зубофрезеровании способом диагональной подачи червячная фреза одновременно выполняет движение подачи в продольном и тангенциальном (вдоль оси инструмента) направлениях. При этом зона максимальной механической и

температурной нагрузки на режущие кромки перемещается в направлении оси фрезы, что снижает износ, позволяет использовать всю рабочую длину фрезы и осуществлять обработку на предельных режимах резания. Применяют также периодическое перемещение отведенной от заготовки фрезы вдоль своей оси после окончания обработки, что позволяет вести последующее фрезерование новым рабочим участком и повысить стойкость инструмента и качество обработки.

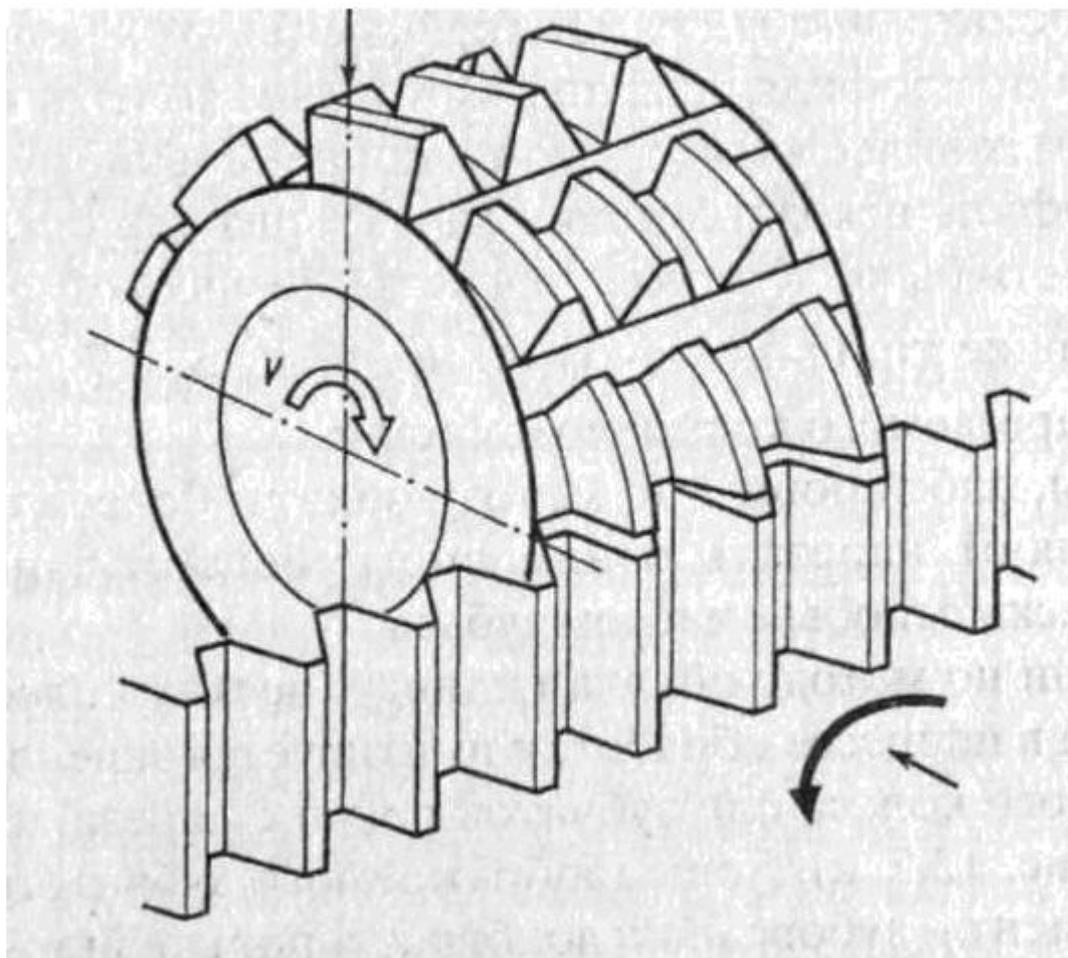


Рисунок 13.6. Схема зубофрезерования червячной фрезой.

Зубчатые колеса с модифицированным по длине зубом - колеса с малым углом конуса при вершине, колеса с бочкообразным зубом - обрабатывают с использованием движения подачи по двум направлениям. Продольная подача назначается технологически необходимой, а скорость движения второй подачи (радиальной) зависима от первой и изменяется по определенному закону с целью получения заданной траектории перемещения инструмента.

При нарезании косозубых колес ось фрезы устанавливают таким образом, чтобы направление витков червячной нарезки совпадало с направлением зубьев обрабатываемого колеса (рисунок 13.8).

При фрезеровании червячных колес выбор типа червячной фрезы зависит от вида профиля червяка и от используемого метода фрезерования: с радиальным или тангенциальными движениями подачи. При радиальном врезании (рисунок 13.9, а) оси заготовки и инструмента сближаются до тех пор, пока червячная фре-

за не углубится на полную высоту профиля. При тангенциальном врезании (рисунок 13.9, б) межосевое расстояние A устанавливают перед обработкой и в последующем не меняют.

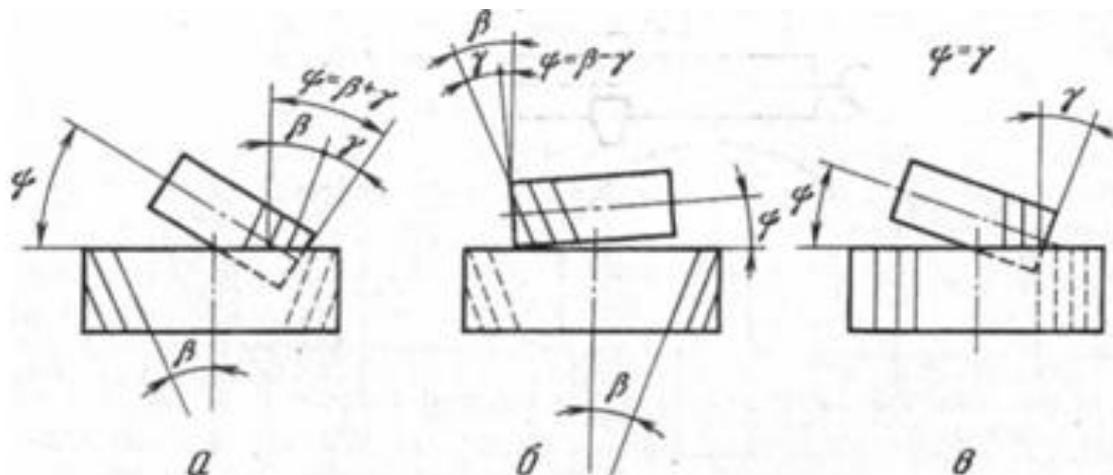


Рисунок 13.8. Установка шпинделя фрезы относительно нарезаемых цилиндрических колес: а – при разных направлениях винтовых линий на фрезе и на колесе, б – при одинаковых направлениях винтовых линий на фрезе и на колесе, в – прямозубых, γ – делительный угол подъема линии витка фрезы, ψ – угол наклона суппорта фрезы.

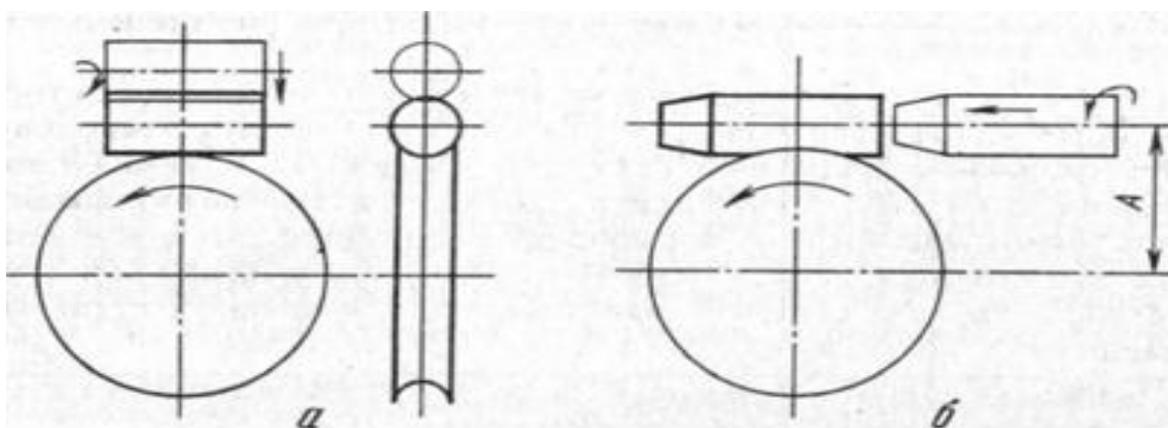


Рисунок 13.9. Схемы нарезания червячных колес червячной фрезой: а – с радиальным врезанием, б – с тангенциальной подачей инструмента.

При этом основная часть припуска снимается заборным конусом фрезы, а цилиндрическая часть фрезы выполняет калибрующую обработку, обеспечивая требуемые размеры колеса. Неизменность межосевого расстояния в процессе обработки, наличие на фрезе калибрующей части делает метод нарезки тангенциальным врезанием более точным по сравнению с радиальным. В единичном производстве червячное колесо можно нарезать фрезой - летучкой, имеющей один режущий зуб, выполненный по профилю рейки и вставленный в оправку, которую закрепляют в шпинделе зубофрезерного станка (рисунок 13.10). При этом также

используется метод тангенциального врезания.

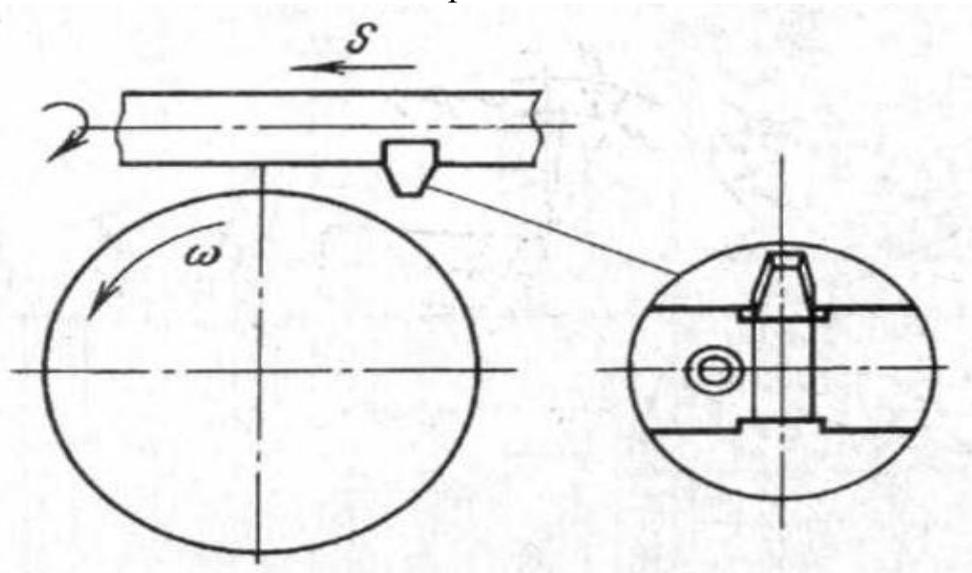


Рисунок 13.10. Схема нарезания червячного колеса однозубой фрезой.

Размеры зубофрезерных станков определены размерным рядом в виде геометрической прогрессии, который образуют наибольшие диаметры обрабатываемых колес. Выпускают станки с размерами: горизонтальные - 80, 125, 200, 320, 500, 800 и 1250 мм; вертикальные - 125, 200, ..., 12500 мм. Основные параметры и размеры горизонтальных станков регламентированы ГОСТ 11542-81, вертикальных - ГОСТ 6852-80.

При соблюдении общепринятых условий работы может обеспечиваться следующая точность нарезаемых колес (по показателям точности, зависящим от станка):

станки классов Н, П могут обеспечить обработку колес по 7 - 5-й степени точности (ГОСТ 1643-81) при работе червячными фрезами и 9-8-й - при работе дисковыми и пальцевыми фрезами;

станки классов В, А и С при обработке червячными фрезами колес модуля до 12 мм позволяют получить 4-2-ю степени точности. Мастер - станки, представляющие собой модификации станков класса С, при обработке червячных колес могут обеспечить 1-ю степень точности.

Небольшие и средние универсальные станки (с наибольшим диаметром обрабатываемого колеса до 800-1250 мм) имеют компоновку с неподвижной стойкой (рисунок 13.11, а) и подвижным столом. Станки больших размеров, а также станки с автоматической загрузкой заготовок имеют, как правило, компоновку с подвижной стойкой и неподвижным столом (рисунок 13.11, б). Последняя обеспечивает большую жесткость упругой системы станка и лучшие условия для автоматизации.

На рис. 13.12 показана одна из возможных кинематических структур универсального зубофрезерного станка.

Цепь главного движения 1 соединяет электродвигатель М1 постоянного или переменного тока со шпинделем фрезы через коробку скоростей (гитару).

Различают продольную 8 (вдоль оси заготовок), тангенциальную 7 (вдоль оси фрезы) и радиальную 11 (по отношению к заготовке) подачи на зубофрезерных станках.

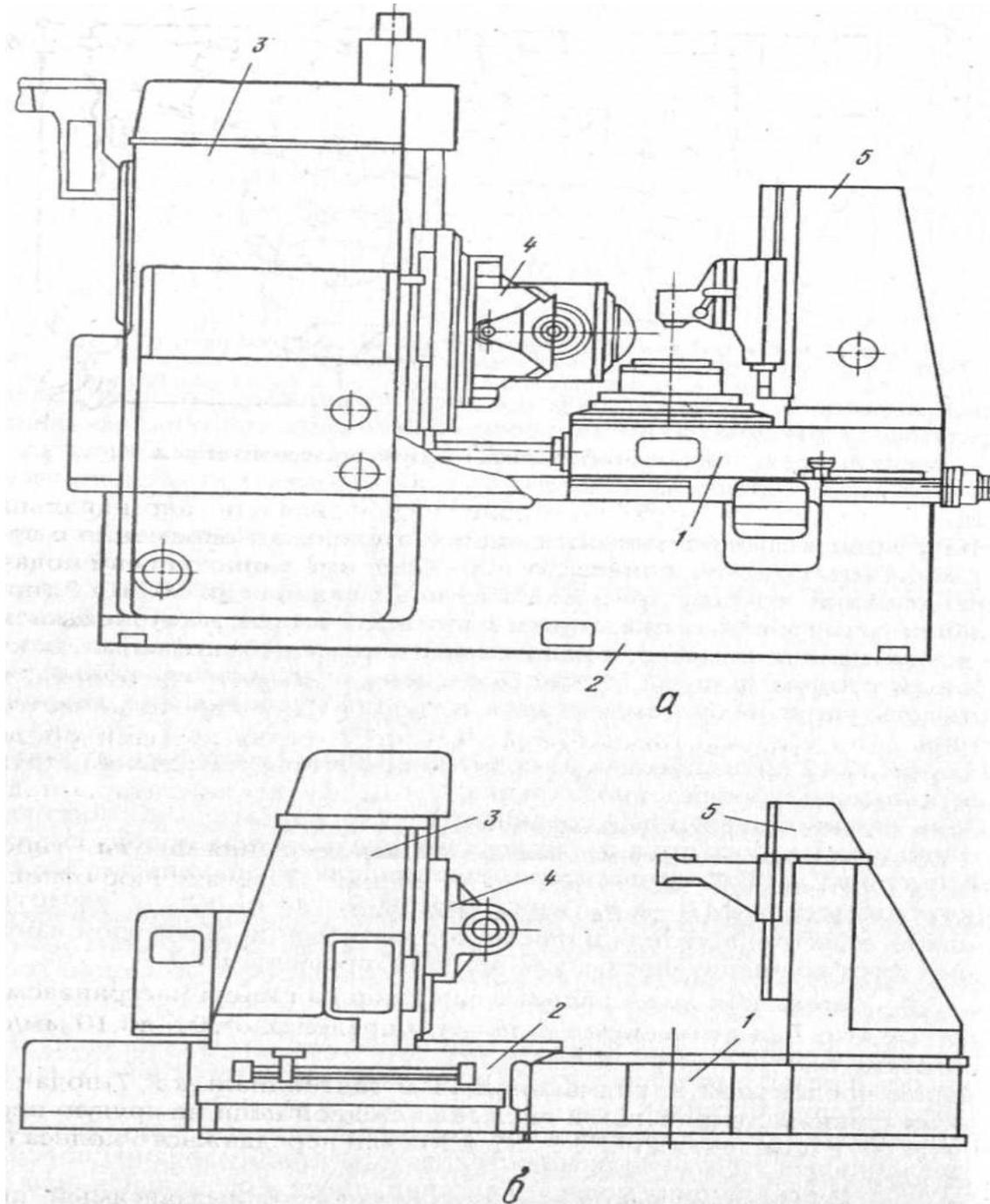


Рисунок 13.11. Компоновка вертикальных зубофрезерных станков с подвижным столом (а) и подвижной стойкой (б): 1 – стол, 2 – станина, 3 – стойка, 4 – фрезерный суппорт, 5 – задняя стойка.

При обработке цилиндрических колес продольное перемещение фрезы вдоль оси заготовки распространяет формообразование поверхности зуба на всю ширину колеса. Тангенциальная и радиальная подачи распространяют обработку

на весь профиль зуба. При обработке цилиндрических колес радиальная подача является, как правило, установочным движением.

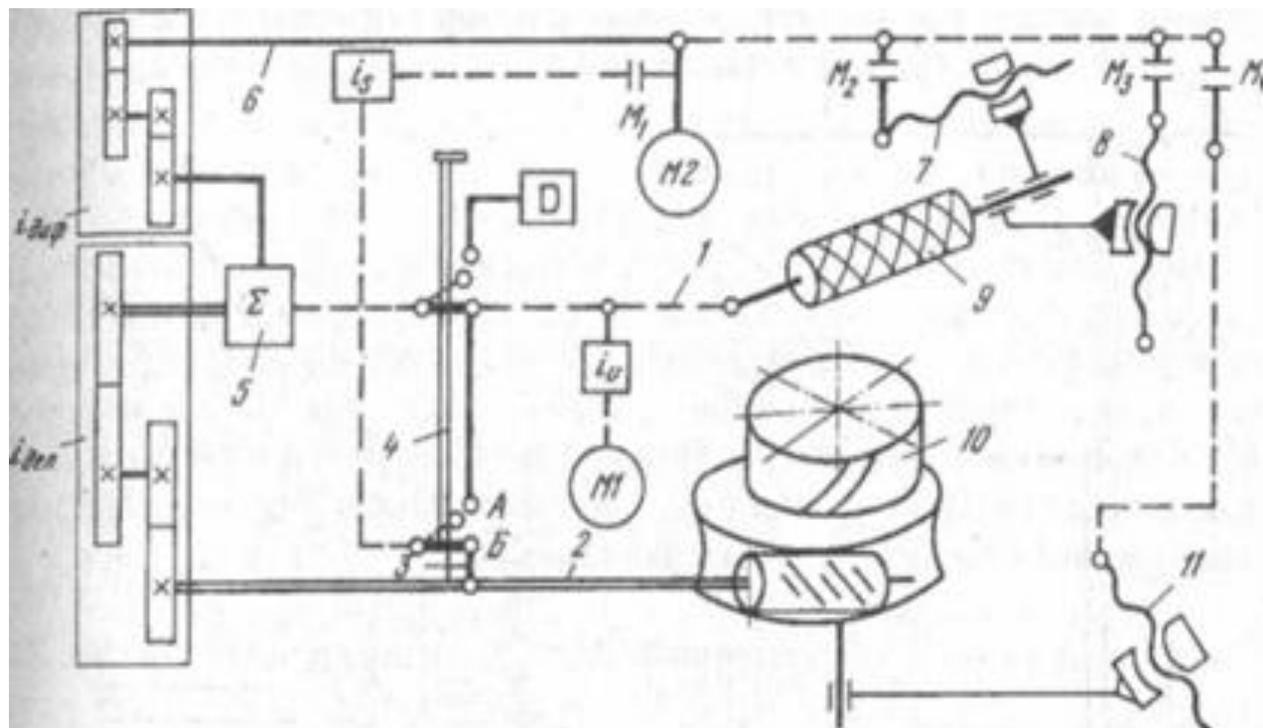


Рисунок 13.12. Кинематическая структура зубофрезерного станка.

При фрезеровании червячных колес радиальная или тангенциальная подачи являются рабочими. При любом методе одновременно с врезанием совершается движение обката. Чаще всего привод цепи подачи 3 подключают к одному из промежуточных валов цепи обката 2 (привод подачи связанный с приводом главного движения), расположенному между гитарой деления и делительным червячным колесом, так как в этом случае подача, отнесенная к одному обороту заготовки, не зависит от числа зубьев нарезаемого колеса. При работе по методу обката принято назначать подачу в миллиметрах на один оборот заготовки, так как именно такая подача характеризует сечение стружки и влияет на огранку вдоль зуба.

Диапазон подач S лежит в пределах от 0,5 до 10 мм/об. заготовки.

Цепи продольной 8, радиальной 11 и тангенциальной 7 подач во многих станках совмещены, и движение с одной цепи на другую переключается с помощью муфт M_2 , M_3 и M_4 или передвигного колеса (не показано).

В некоторых зубофрезерных станках применяют "независимый" привод подачи от отдельного асинхронного или регулируемого в широком диапазоне электродвигателя постоянного тока M_2 . В этом случае более простую гитару подач i_s располагают между электродвигателем M_2 и дифференциальной цепью 6.

При работе методом единичного деления дисковыми или пальцевыми фрезами подача исчисляется на один оборот фрезы или в единицу времени (минуту).

При обработке по методу обката вращения фрезы 9 и заготовки 10 согласованы между собой цепью 2 обката благодаря жесткой кинематической связи с по-

стоянным передаточным отношением. Цепь обката получает вращение от главного электродвигателя М1 при положении Б рукоятки 4 цепи обката. Нужное согласование в этой цепи устанавливается гитарой деления.

При обработке по методу копирования рукоятка 4 переключается в положение А - для реализации движения деления. Поворот заготовки на один шаг (зуб) производится механизмом единичного деления D со своим приводом, а настройка на нужное число зубьев производится той же гитарой деления.

Цепь дифференциала 6 используется при обработке косозубых колес для согласования движения фрезы вдоль оси заготовки и дополнительного поворота заготовки, величина которого должна быть такой, чтобы перемещению фрезы на шаг винтовой линии зуба соответствовал один оборот заготовки.

На зубофрезерных станках, работающих методом обката, дополнительный доворот заготовки осуществляется с помощью механизма дифференциала 5 (см. рисунок 13.12). Эта же цепь используется при обработке цилиндрических колес методом диагональной подачи, колес с большим простым числом зубьев, червячных колес методом тангенциального врезания.

Цепь дифференциала можно использовать для настройки станка на обработку зубчатых колес с простым числом зубьев, когда невозможно осуществить такую операцию путем настройки только гитары деления. Таким способом могут быть нарезаны прямозубые и косозубые колеса. Гитару деления настраивают на требуемое число зубьев приблизительно, а погрешность компенсируют путем поворота заготовки при помощи цепи дифференциала. К кинематическим цепям, осуществляющим дополнительные движения формообразования, относится цепь единичного деления в приводе стола, которая применяется при обработке зубчатых колес методом копирования пальцевыми или дисковыми фрезами. Она сообщает одному из валов привода определенное число оборотов для поворота стола на требуемый угол.

Бездифференциальная структура проще за счет меньшего количества цепей и гитар, отличается большей жесткостью цепи обката. Однако, цепь обката надо настраивать заново при изменении подачи, например при переходе от черновой к чистовой обработке, или при нарезке сопряженного колеса, имеющего противоположный угол наклона винтовой линии. К тому же передаточная величина гитары обката получается дробной, что затрудняет точную настройку важнейшей цепи. Поэтому бездифференциальную настройку используют в крупносерийном производстве.

Зубофрезерный станок мод 53А50

Станок мод 53А50 предназначен для нарезания червячными фрезами цилиндрических и червячных колес в условиях единичного или серийного производства. Класс точности станка -11.

Техническая характеристика

Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм 500

Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм 10

Частота вращения фрезы, мин⁻¹ 40-405

Подача, мм/об, стола

продольная	0,75-7,5
радиальная	0,22-2,25
тангенциальная	0,13-2,6
Габаритные размеры станка, мм	
длина x ширина x высота	2670 x 1810 x 2250
Мощность главного электродвигателя, кВт 8/10/12,5	

Станок (рис. 12.15) имеет вертикальную компоновку: оправка с заготовкой закрепляются вертикально на столе 4 и могут удерживаться сверху контр-поддержкой 3. Шпиндель червячной фрезы расположен на суппорте 2 и вращается согласовано с заготовкой. Протяжная часть суппорта (ползушка) может перемещаться вдоль оси фрезы (движение тангенциальной, то есть касательной к окружности заготовки, подачи). Суппорт соединен с кареткой и вместе с ней движется по вертикальным направляющим стойки 1 (движение продольной подачи). Стойка закреплена на станине 5. На горизонтальных направляющих станины базируются салазки стола, которым сообщается движение радиальной подачи.

Цепь продольной подачи служит для перемещения суппорта вдоль оси нарезаемого колеса. Движение от главного электродвигателя М1 передается на вал XIX и червячную передачу 2/26, затем через коробку подач на вал XXXI, далее при включенных муфтах М7 и М8 через колеса 50-45-45, червячную передачу 1/24 на вертикальный ходовой винт с шагом $P = 10$ мм. Ходовая гайка связана с кареткой суппорта.

Две пары обратимых (которые можно менять местами) сменных колес и четыре передачи, переключаемые электромагнитными муфтами М1 ... М4, позволяют получить 16 ступеней подач. Переключение муфт М5 и М6 реверсирует движение подачи.

Дополнительный поворот заготовки, необходимый для нарезания косозубых колес, суммируется с вращением, необходимым для создания эвольвенты, при помощи дифференциала с коническими колесами $z = 27$ расположенного на валу XIV. Цепь дифференциала согласовывает вертикальное перемещение каретки от ходового винта продольной подачи с вращением стола, то есть соединяет валы XXXII ... XXXVII, XV ... XXII. Вал XXXVII привода водила дифференциала связан с валом XV через червяк $z = 1$, червячное колесо 45, водило, сателлиты и левое центральное колесо дифференциала.

При обработке червячного колеса с радиальным врезанием движение передается по цепи радиальной подачи стола. При вращении ходовой гайки невращающийся винт с $P = 10$ мм (вал XXVI) передвигается вместе со столом. Гайка расположена внутри червячного колеса 36 и получает вращение от вала XXXI при включенной муфте М9 через передачи 45/50, 34/61 и 1/36. При этом муфта М10 сцеплена под действием пружины, обеспечивая работу до жесткого упора; муфта Т тормозит стол.

При обработке червячного колеса с тангенциальным врезанием движение передается по цепи тангенциальной подачи ползушки суппорта червячной фрезы. Винт с шагом $P = 8$ мм (вал XI) получает вращение от вала XXXIII через коническую передачу 33/22, блок i_6 изменения скорости 36^48 блок реверсирующего устройства 28-32, колеса 70 и 40, валы передачи 2/36, 68/40, 4/25.

При нарезании червячных колес методом тангенциального врезания сложение движений заготовки в процессе обката и тангенциального перемещения инструмента, как и при нарезании косозубого колеса, осуществляет дифференциал.

Настройка гитары дифференциала для нарезания косозубых колес с диагональной подачей производится по формуле:

С диагональной подачей можно обрабатывать все прямозубые колеса и лишь незначительную часть косозубых, так как при больших углах наклона зуба в резании участвует почти вся рабочая часть фрезы, а в некоторых случаях длины фрезы бывает недостаточно для правильного профилирования.

На столе 4 (рисунке 13.16) станка смонтирована планшайба 3, которая служит для установки, закрепления и вращения заготовки. Планшайба стола центрируется на конусе, а опорой для нее служит горизонтальная кольцевая плоскость. Делительный червяк 1, передающий через червячное колесо 2 вращение на планшайбу, установлен на опорах скольжения и выполнен двухшаговым для выборки зазора в зацеплении.

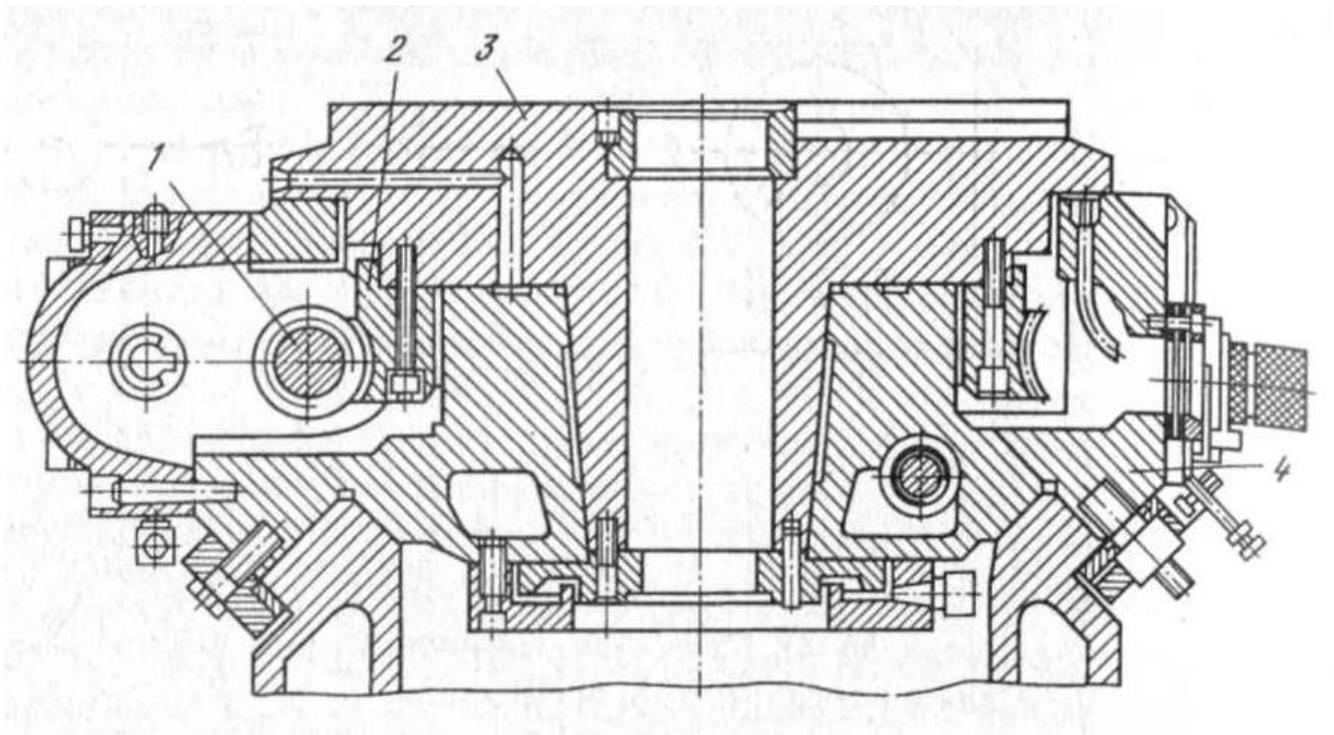


Рисунок 13.16. Стол станка модели 53А50.

13.1.2. ЗУБОДОЛБЕЖНЫЕ СТАНКИ

Зубодолбление (см. рисунок 13.5, а) по методу обката воспроизводит зацепление пары цилиндрических колес с параллельными осями, одним из которых является инструмент-долбяк. Поэтому таким способом могут быть обработаны любые детали, входящие в зацепление с сопряженным зубчатым колесом (прямозубые, косозубые и шевронные колеса, зубчатые рейки и секторы, некруглые колеса и блоки колес). Инструмент - долбяк представляет собой прямозубое или косозубое колесо, боковые поверхности которого затылованы для получения заднего угла, то есть изготовлены в виде режущих элементов. Долбяк и заготовка при зубонарезании обкатываются по начальным окружностям без проскальзывания.

Наибольшее распространение получили вертикальные зубодолбежные станки. Кинематическая структура такого станка показана на рисунке 13.17.

Главное движение при зубодолблении осуществляется осевым возвратно-поступательным перемещением долбяка 2, которое происходит от электродвигателя М1. Скорость резания настраивается при помощи органа настройки. Она может достигать 100 м/мин и более. Перемещение долбяка производится, как правило, с помощью кривошипного (кривошипно-шатунного или кривошипно-кулисного) механизма 4, с которым непосредственно или через промежуточные передачи связывается шпиндель. Недостатком этих механизмов является непостоянство скорости резания по длине заготовки при обработке каждого зуба. Во время обратного хода шпинделя для избежания трения задней грани инструмента о заготовку 1 и заземления долбяка его отводят от изделия на $\delta = 0,2-0,8$ мм механизмами "отскока". У большинства зубодолбежных станков отскок осуществляется поворотом шпинделя с долбежной головкой вокруг оси, перпендикулярной

направлению главного движения. Подвод шпинделя (или стола) при резании может осуществляться кулачком 5. Движение обката при зубодолблении осуществляется согласованным вращением долбяка и заготовки и настраивается гитарой обката (деления).

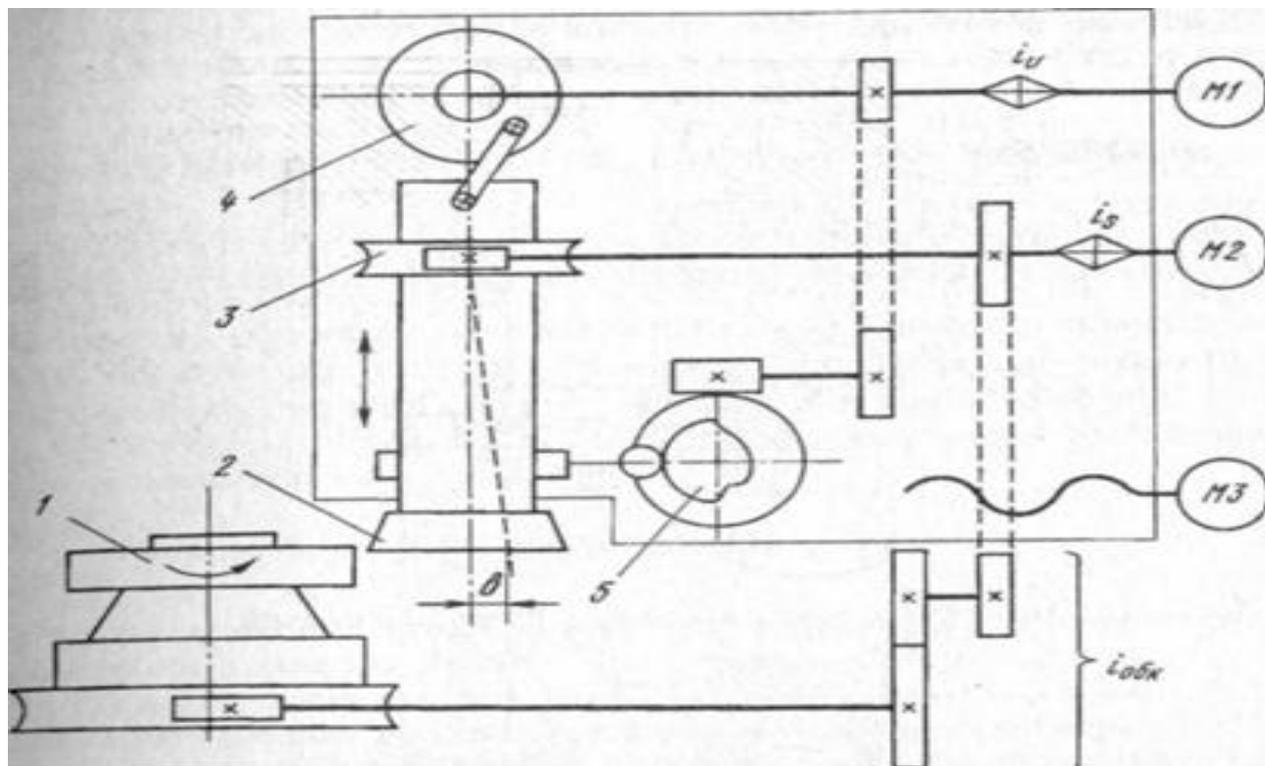


Рисунок 13.17. Кинематическая структура зубодолбежного станка.

При обработке косозубых колес кроме движения обката и возвратно-поступательного движения инструмента долбяку сообщается дополнительный поворот (винтовое движение) с помощью винтовых направляющих (рисунок 13.18). Неподвижный копир 1 связан с червячным колесом 3 (см. рисунок 13.17), а подвижный 2 (рисунок 13.18) - закреплен на шпинделе и совершает возвратно-поступательное движение, скользя при этом по неподвижному копиру. Копиры - сменные. При наладке на обработку прямозубого колеса устанавливают прямолинейные копиры.

Для каждого значения величины хода винтовой линии зуба требуется свой копир. Так как долбяк и винтовая направляющая имеют одинаковые шаги, то с помощью одной винтовой направляющей можно обрабатывать колеса с различным углом наклона, применяя для этой цели долбяки различного диаметра.

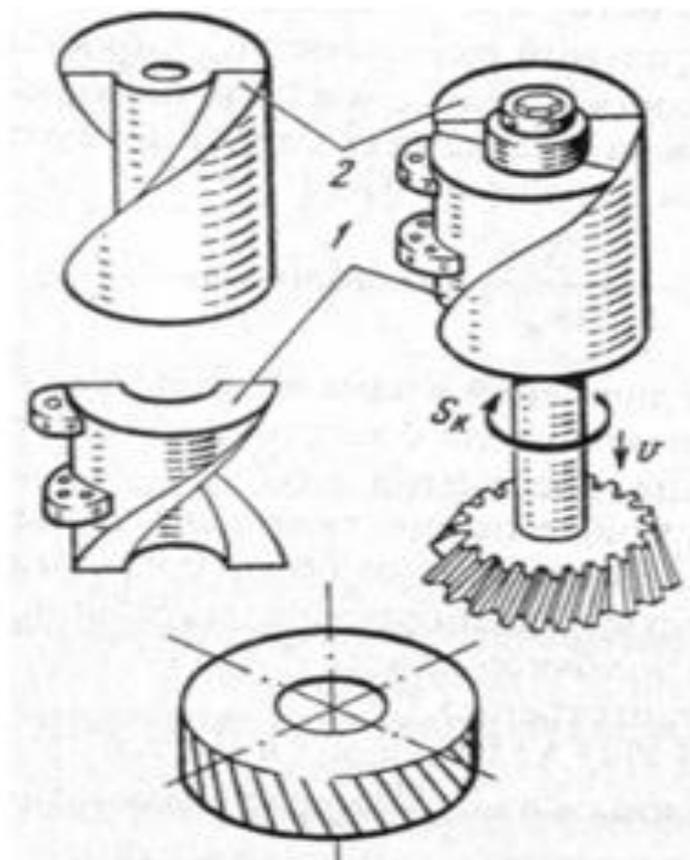


Рисунок 13.18. Устройство для нарезания косых зубьев.

Техническая характеристика станка модели 5А140

Наибольший делительный диаметр обрабатываемого колеса, мм 500

Наибольший модуль колеса, мм 8

Наибольшая ширина венца, мм 100

Частота движения долбяка, дв. ход/мин. 55-560

Подача:

круговая, мм/мин 6-590

радиальная, мм/дв. ход 0,02-0,2

Диаметр шпинделя, мм 85

Мощность главного электродвигателя, кВт 4/4,5/7,5

Работа станка производится в наладочном и полуавтоматическом режимах с числом рабочих ходов от одного до четырех и со сменой режимов резания при переходе с черновых проходов на чистовой.

Станок (рисунок 13.19) имеет вертикальную компоновку (ось заготовки вертикальна). На станине 12 установлена проставка 8 со стойкой 7. На стойке закреплен суппорт 4, содержащий шпиндель II с долбяком 6, а также установлена коробка 2 скоростей и круговых подач. В начале цикла обработки перед каждым проходом происходит непрерывное радиальное врезание на заданную глубину. При этом стол 9 с заготовкой перемещается к долбяку по горизонтальным направляющим станины. При обработке колес с внутренним зубом нарезаемое колесо и долбяк имеют одинаковое направление винтовой линии, при обработке

ременную передачу 22/44 на приводной вал I, который через кривошипно-кулисный механизм 5 передает возвратно-поступательное движение шпинделю II долбяка.

Связь вращений долбяка и заготовки обеспечивается за счет цепи обката, состоящей из червячного колеса $z = 90$ и червяка $z' = 1$ в суппорте, колес $z = 56, 46, 54, 36$ и $z = 56, 50, 50, 28$, двух конических передач 33/33, гитары обката и , передач 45/70 и 1/180

Скорость движения обката задают через круговую подачу долбяка, которая осуществляется от электродвигателя М2 постоянного тока через передачи 29/86, 60/60, колеса $z = 28, 50, 50, 56$ и $z = 36, 54, 46, 56$ и червячную передачу 1/90 на шпиндель долбяка.

Круговая подача в цикле может изменяться за счет регулирования частоты вращения электродвигателя.

Приводом радиального перемещения стола с заготовкой для установки высоты нарезаемого зуба служит гидроцилиндр Ц3. При врезании стол прижимается к клиновидной поверхности ползушки 1 гидроцилиндром Ц2 через корпус, винт X, упорную гайку 11, штангу VIII, пиноль IX и ролик. Межосевое расстояние между осью долбяка и заготовки выдерживается за счет упора гайки 11 через пиноль в клиновидную ползушку. Регулировку межосевого расстояния осуществляют рукояткой 10, вращающей винт X через червячную передачу 2/24.

Ускоренное вращение заготовки при выверке ее биения осуществляется от электродвигателя М3 через цепную 15/18, цилиндрическую 45/70 и червячную 1/180 передачи. При работе цепи ускоренного вращения шпинделя изделия остальная часть кинематики отключается размыканием колес гитары обката.

Вывод долбяка в крайнее верхнее положение после обработки внутреннего зубчатого венца осуществляется гидроцилиндром Ц1 через реечную передачу с колесом 80. Для выборки зазоров в звеньях механизмов привода главного движения, а также во избежание вибрации в процессе резания в верхней части суппорта установлена пружина 3. На валу XIII располагается тормозная муфта Т.

Станок мод. 5А140ПФ2 (рисунок 13.20), выполненный на базе станка мод. 5А140, оснащен системой ЧПУ, которая позволяет выбрать оптимальные режимы резания за счет бесступенчатого регулирования числа двойных ходов шпинделя долбяка, круговой подачи и радиального врезания стола.

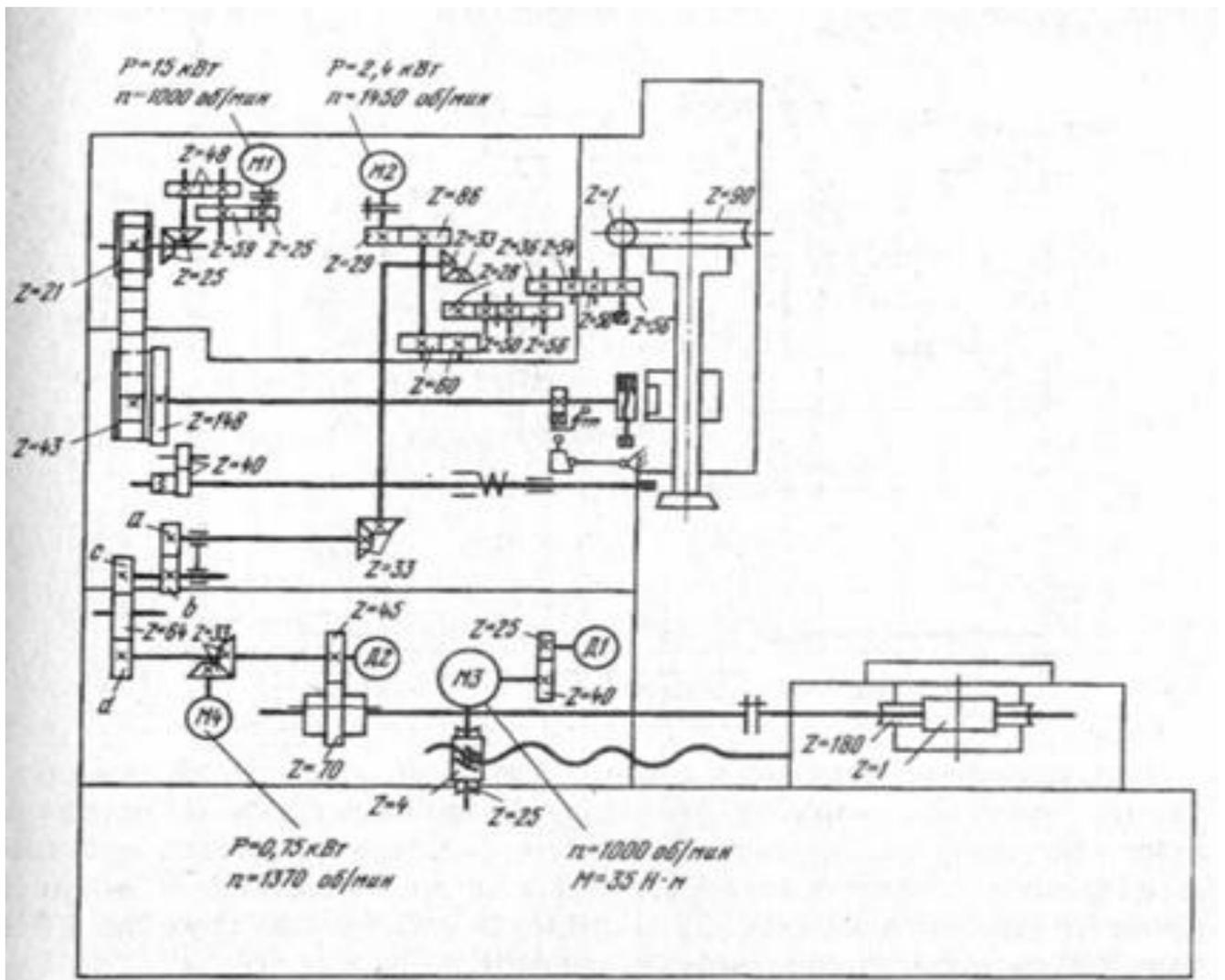


Рисунок 13.20. Кинематическая схема зубодолбежного станка модели 5A140ПФ2.

На пульте управления устройства цифровой индикации (УЦИ) при наладке станка кроме перечисленных режимов резания набирают параметры колеса и его тип (с внутренним или наружным зубом).

В отличие от станка мод. 5A140 главное движение резания осуществляется от электродвигателя постоянного тока М1, обеспечивающего возможность его изменения в цикле. Межосевое расстояние между осью долбяка и заготовки устанавливается с помощью электродвигателя постоянного тока М3, червячной передачи 4/25 и передачи винт-гайка качения, в которой гайка жестко связана с червячным колесом 25, а ходовой винт - с корпусом стола. Точность перемещения стола с заготовкой определяется датчиком Д1. На станке установлен датчик Д2, позволяющий производить точный отсчет одного оборота заготовки. Остальные цепи кинематической структуры станка мод. 5A140ПФ2 аналогичны базовому. В стойке (рис. 12.21) станка размещаются передачи привода главного движения с кривошипно-кулисным механизмом, механизм отвода долбяка и гитара деления.

В кривошипно-кулисном механизме палец 8 соединен с фланцем 4 приводного вала 1 направляющими 5 в форме ласточкина хвоста. На пальце установлен

подшипник 7, а на последнем - камень 6 кулисы. Радиус вращения оси камня, а значит и ход долбяка, может изменяться за счет смещения пальца винтом 9. При вращении вала 1 камень передвигается по горизонтальному пазу каретки 4 (рисунок 13.22) и через ползушку 3 обеспечивает возвратно-поступательное движение шпинделю 1 долбяка 6 по вертикальным направляющим стойки.

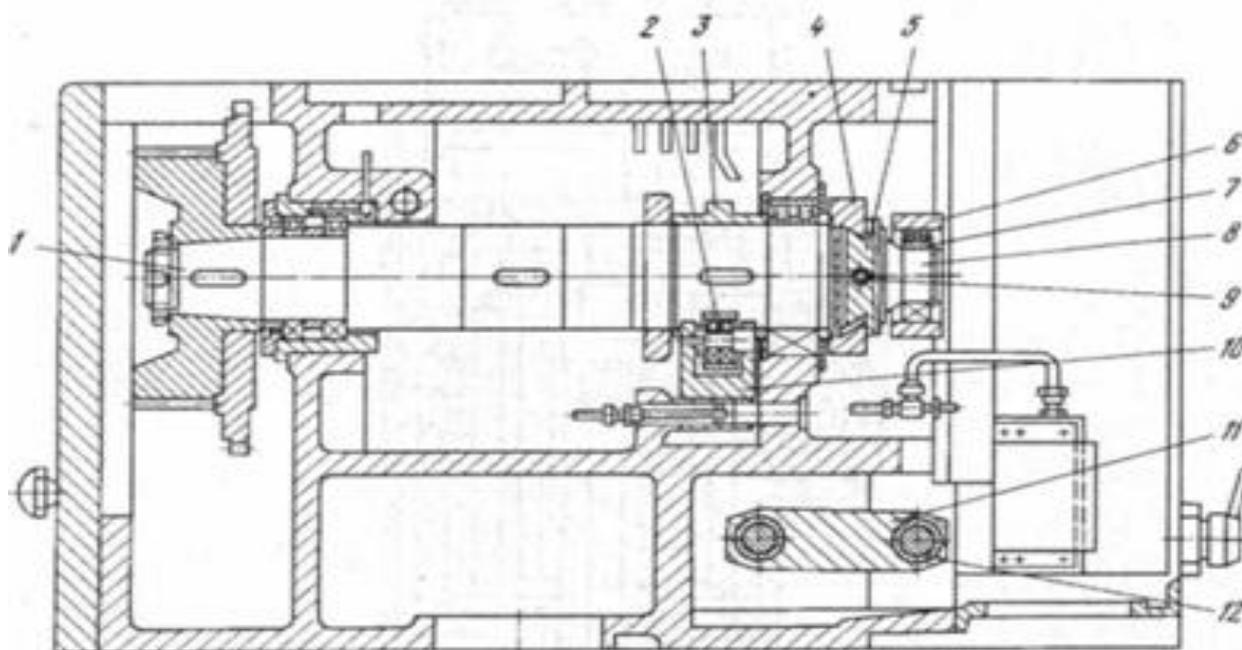


Рисунок 13.21. Стойка станка модели 5A140ПФ2.

Механизм отвода долбяка (см. рисунок 13.21) получает движение от кулака 3, который жестко связан с валом 1. Через ролик 2, закрепленный на кронштейне 10, качательное движение через систему рычагов и шарниров (см. рисунок 13.20) передается на серьгу 11, которая через ось 12 штангой связана с корпусом суппорта.

13.1.3. СТАНКИ ДЛЯ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКИ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

К финишным операциям, устраняющим погрешности, которые возникают при зубонарезании и последующей термообработке, относят зубошевингование, зубошлифование, обработку закаленных колес твердосплавным обкаточным инструментом, притирку.

Зубошевингование зубьев

Важнейшей задачей зубошевингования является устранение отклонений от точного профиля (полученного, например, зубофрезерованием), связанное с ограниченным числом огибающих резцов. Кроме этого, удастся произвести определенную коррекцию профиля зуба колеса, а также снизить погрешность шага, волнистость, уменьшить колебание межосевого расстояния, улучшить пятно контакта, снизить параметр шероховатости и шум. Шевингованием можно достичь 6-7-й

степени точности (в отдельных случаях 5-й степени) и шероховатость поверхности $Ra = 0,16-0,32$ мкм.

На зубошевинговальных станках производится обработка незакаленных цилиндрических зубчатых колес с внешними и внутренними зубьями. Метод относится к непрерывным способам финишной обработки резанием, где в качестве инструмента наиболее часто применяют дисковый шевёр 1 (рис. 12.23) типа закаленного зубчатого колеса, боковые поверхности зубьев которого разделены пазами, образующими режущие кромки по высоте зуба.

Так как шевёр и заготовка 2 имеют различные углы наклона $\beta_{ш}$ и $\beta_{и}$ (см. рисунок 12.24), то они образуют передачу со скрещающимися осями. Движение зацепления в направлении высоты зуба (d рисунок 12.23) накладывается вследствие пересечения осей на движение скольжения (c) в осевом направлении, что приводит к результирующему движению (e), принимаемому за скорость резания при шевинговании и обеспечивающему съём стружки. Проскальзывание является результатом зацепления шевёра 1 и заготовки 2 (см. рисунок 12.24). Угол поворота шевёра $\varphi = \beta_{и} \pm \beta_{ш}$ (знак "+" соответствует одноименным направлениям у шевёра и заготовки (рисунок 12.24, а), знак "-" - разноименным (рисунок 12.24, б)). Для шевингования прямозубых колес часто используют косозубый шевёр и, наоборот, для косозубых колес - прямозубый. При таком зацеплении оси заготовки и шевёра скрещаются под углом φ , который влияет на скорость проскальзывания и составляет $10-15^\circ$. Результирующее движение скольжения даёт в итоге следы резания от каждой режущей кромки зуба шевёра (толщина среза составляет $5-15$ мкм).

Рисунок 13.22. Схема шевингования зубчатого колеса.

Рисунок 13.23. Установка шевёра относительно обрабатываемых цилиндрических колес: а – при одноименном направлении угла наклона зубьев шевёра и колеса, б – при разноименном направлении угла наклона зубьев шевёра и колеса.

Усилие прижима между боковыми поверхностями зубьев заготовки и шевёра, необходимое для срезания стружки, создается или их радиальным сближением (шевингование "враспор"), или за счет крутящего тормозного момента, прикладываемого к шевёру или заготовке. Кинематической связи между шевёром и заготовкой нет и при обработке небольших деталей во вращение приводится шевёр, а при обработке крупных - заготовка. Поскольку в винтовых зубчатых передачах (какой является зацепление шевёра с колесом) теоретически происходит точечный контакт (переходящий в результате действия усилия прижима в зону касания), для обработки заготовки по всей ширине необходима подача. В зависимости от схемы шевингования производится подача шевёра (или заготовки) вдоль оси

или под углом к оси заготовки, либо в плоскости, параллельной оси шевера, в направлении, перпендикулярном оси заготовки или шевера. После каждого продольного или двойного хода стола производится периодическое включение радиального движения подачи шевера и заготовки до получения нужной толщины зуба. Затем выполняются рабочие ходы без радиального движения подачи (выхаживание). Зубошевинговальный станок мод. 5Б702В. Станок мод. 5Б702В предназначен для чистовой обработки шевером незакаленных цилиндрических колес наружного зацепления с прямым и косым зубом в условиях серийного и массового производств. Класс точности станка - В.

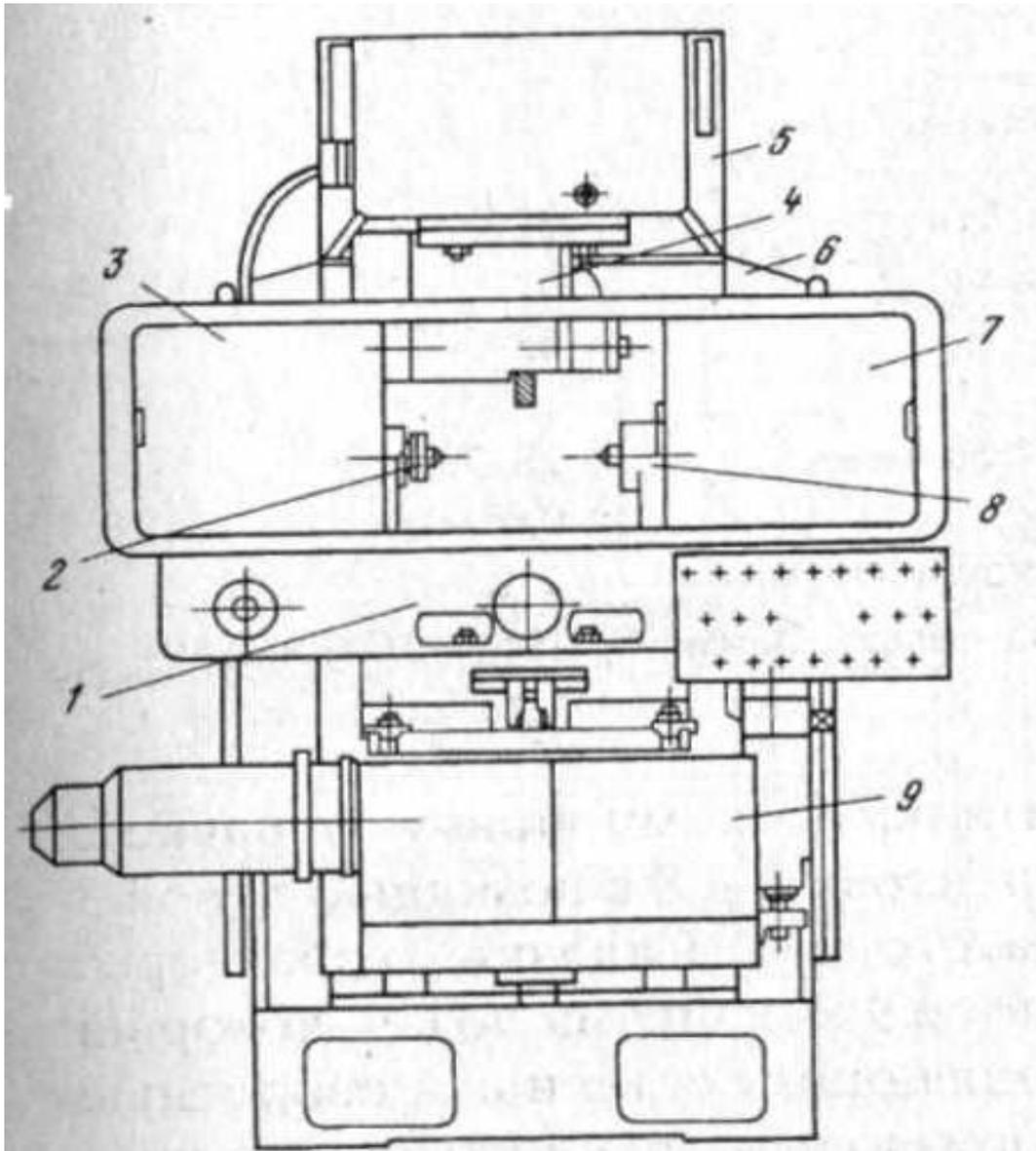


Рисунок 13.24. Общий вид зубошевинговального станка модели 5Б702В.

Техническая характеристика

Наибольший диаметр обрабатываемых колес, мм 320

Наибольший модуль обрабатываемых колес, мм 6

Частота вращения шевера, мин 63-500

Подача стола:

продольная (регулирование бесступенчатое), мм/мин 18-300

радиальная, мм/ход 0,02-0,04

Наибольший диаметр устанавливаемого инструмента, мм 250

Габаритные размеры станка (длина x ширина x высота), мм 1950x1600 x 2130

Мощность главного электродвигателя, кВт 3,2

Станок (рисунок 13.24) имеет горизонтальную компоновку: оправка с заготовкой закрепляются в съемных центрах 2 и 8 с помощью левой 3 и правой 7 бабок, установленных на столе 1. Салазки стола через поворотную плиту базируются на корпусе 9 механизма подачи, который перемещается по вертикальным направляющим станины. Поворотные направляющие салазок позволяют производить шевингование с продольной, диагональной и поперечной подачами. Механизм подачи состоит из привода салазок стола и механизма радиального врезания. На верхней плоскости станины установлен корпус 5 привода шеверной головки, к которому снизу крепится шеверная головка 4 со шпинделем шевера.

Кинематическая схема станка приведена на рисунке 13.25.

Главное движение (вращение шевера) производится от электродвигателя М1, установленного в корпусе привода шеверной головки, через червячную передачу 3/28, сменные колеса *a* и *b*, конические 24/30 и 30/24 и цилиндрическую 45/36 передачи на шпиндель шевера.

Продольная подача салазок стола с изделием (осевое перемещение заготовки) осуществляется от регулируемого электродвигателя М2 постоянного тока через червячную 1/26 и коническую 24/32 передачи и ходовой винт с шагом $P = 6$ мм.

Цепь радиальной подачи осуществляется от гидроцилиндра ЦЗ через реечную передачу, которая передает вращение на вал с барабаном 8 управления. Угол поворота вала ограничивается винтами-упорами 9, расположенными в шахматном порядке и опирающиеся на собачку 10, которая перебрасывается гидроцилиндром Ц4. Далее при включенной муфте М1 движение через цилиндрическую 60/20 и червячную 1/30 пары передается на ходовой винт с шагом $P = 10$ мм.

Шевингование зубчатых колес с бочкообразной формой зуба осуществляется за счет поворота копира 4 на определенный угол при помощи червячной передачи 1/18. При поступательном движении салазок 1 палец 5, скользящий по пазу копира, через кронштейн, привертнутый к толу 3, сообщает ему качение в вертикальной плоскости вокруг центральной оси 2. При этом заготовка, установленная в центрах бабок на столе, также качается, а ее ось наклоняется по отношению к оси шевера. В результате у торцов шевера снимается больший слой металла, чем в средней части зуба, что обеспечивает бочкообразную форму зуба шевингуемого колеса.

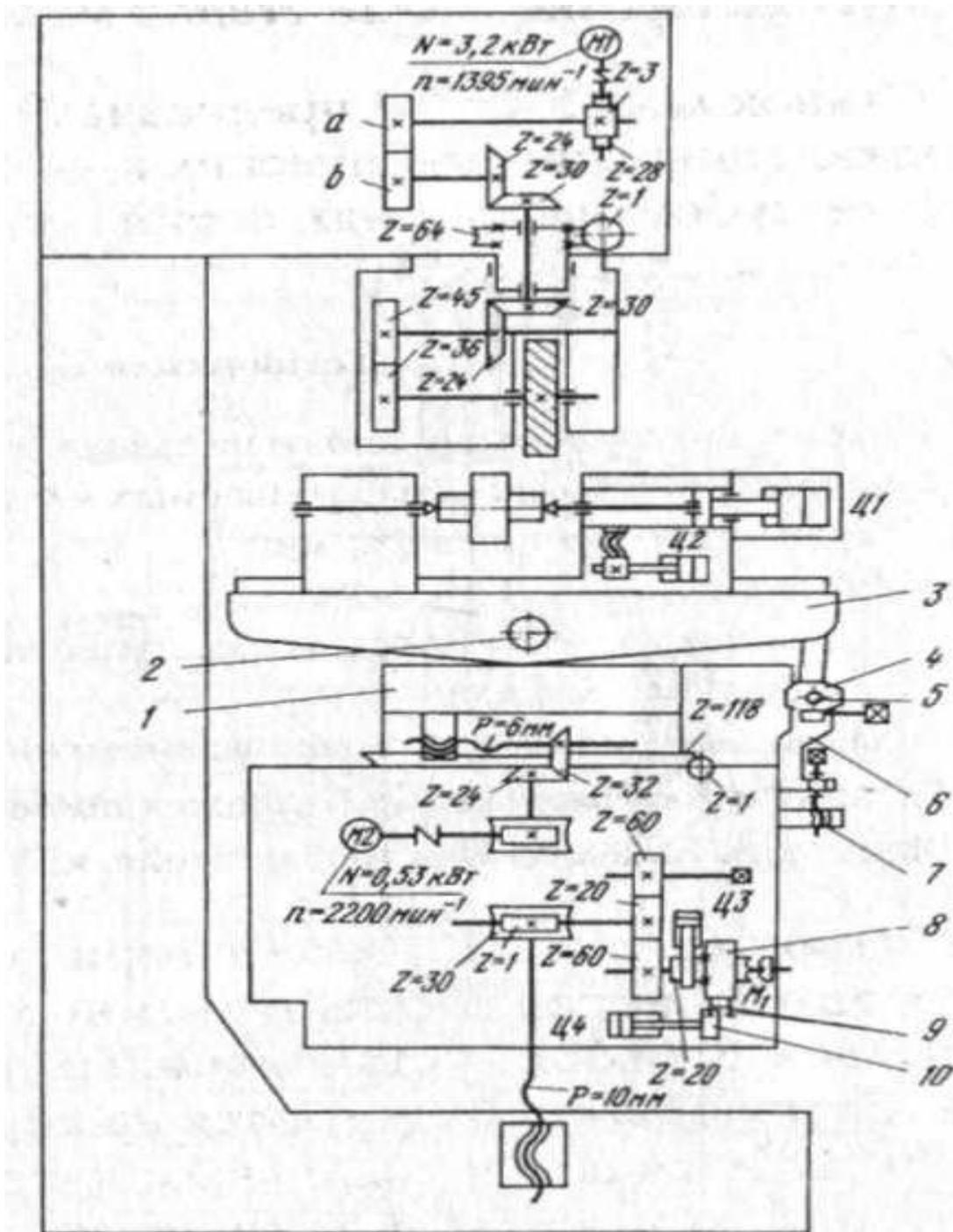


Рисунок 13.25. Кинематическая схема станка модели 5Б702В.

Настройка на получение конусного зуба осуществляется за счет перемещения корпуса 6 механизма бочкообразования с помощью винтовой пары 7.

На рисунке 13.26 показана зубошвинговальная головка станка, которая крепится к корпусу привода четырьмя болтами 1 с гайками. Выставка шевера 6 на шпинделе 3 производится с помощью винтов 2, которые передают усилие через шарики и позволяют обеспечить высокую точность торцового биения. Предварительно шевер зажимается вращением корпуса 5 гайки 4 от руки.

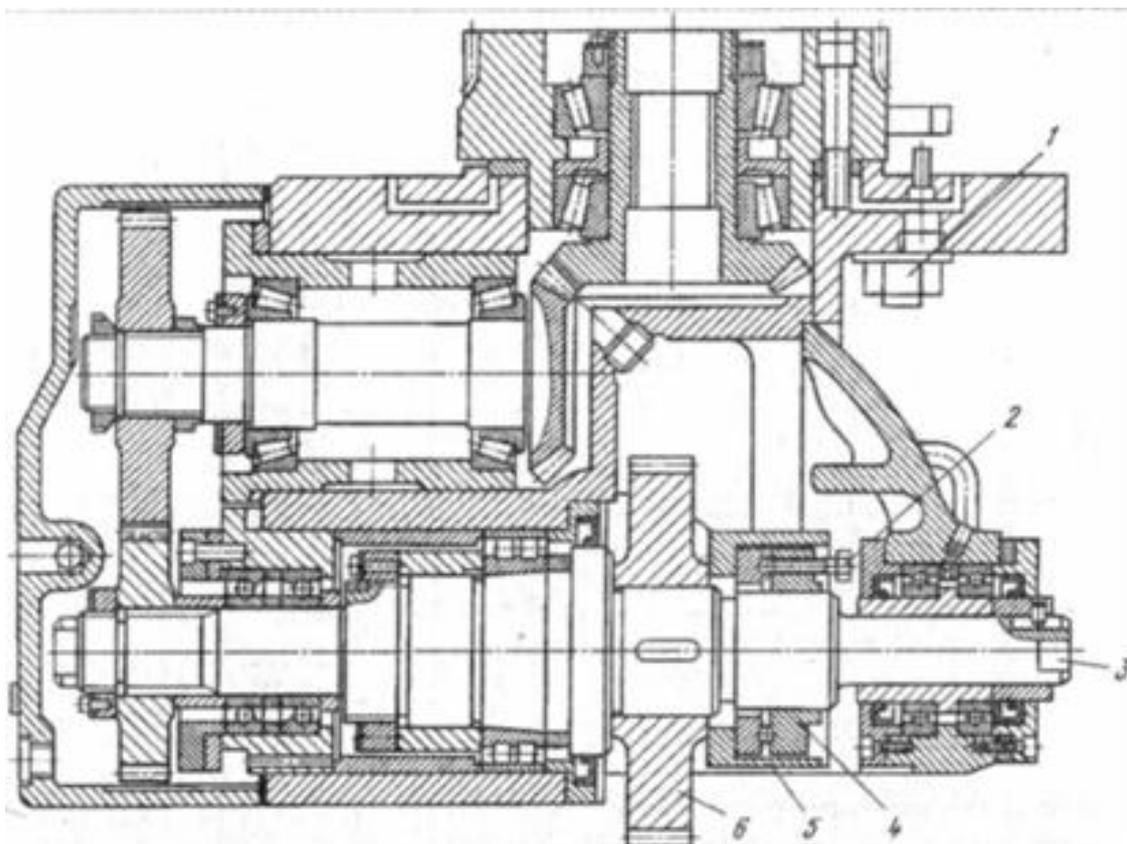


Рисунок 13.26. Зубошевнговальная головка станка модели 5B702B

13.1.4. ОСОБЕННОСТИ ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ С ЧПУ

ЧПУ зубообрабатывающими станками стало развиваться позже, чем ЧПУ другими станками. Это обусловлено сложностью согласования движений механизмов станка при электронных связях между ними, необходимостью управления пятью и более координатами. Только создание микропроцессорных систем ЧПУ позволило снять ограничение по числу управляемых координат, повысить точность станков. В них, как правило, предусматривается осевая передвижка фрезы, установка с пульта управления или от управляющей программы длины перемещения фрезерных салазок, межосевого расстояния между фрезой и заготовкой, угла наклона суппорта, числа нарезаемых зубьев и режимов резания. Предусматривается также возможность обработки зубьев с различной модификацией (например, бочкообразной, конусообразной и т.п.), а на некоторых станках автоматическая смена заготовки и инструмента.

Системы ЧПУ, электронная синхронизация движений и коррекций применяются практически на всех типах зубообрабатывающих станков. Упрощенная структурная схема зубофрезерного станка с ЧПУ без механических связей между координатами приведена на рисунке 13.27. Согласование вращений фрезы и стола обеспечивается системой ЧПУ.

Применяют два вида структур управления станками: управление с ведущей координатой (вращение фрезы) или без нее. В первом случае датчик 1 фрезы яв-

ляется задающим, а скорости всех остальных координат устанавливаются с учетом сигнала датчика фрезы. Такая схема облегчает задачу обеспечения точности слежения, так как скорость фрезы может изменяться. Во второй структуре связанные координаты одинаково управляются от устройства ЧПУ (УЧПУ) по заданной программе и нужно обеспечить высокую стабильность частот их вращения. Для согласования вращения фрезы и стола во втором случае информация об их фактическом положении, получаемая от датчиков 1 и 10, должна постоянно сравниваться. Для этого служит фазовый дискриминатор (ФД) 8. Частоты импульсов от датчика фрезы 1 и от датчика стола 10, подаваемые на фазовый дискриминатор равны между собой независимо от изменения числа нарезаемых зубьев. Это обеспечивается в результате преобразования входного сигнала датчика фрезы микропроцессором 9, настроенным на расчетное соотношение скоростей фрезы и стола (в соответствии с исходными данными). В фазовом дискриминаторе происходит сравнение сигналов по фазе и импульсно-аналоговый преобразователь 7 вырабатывает корректирующий сигнал пропорциональный величине рассогласования.

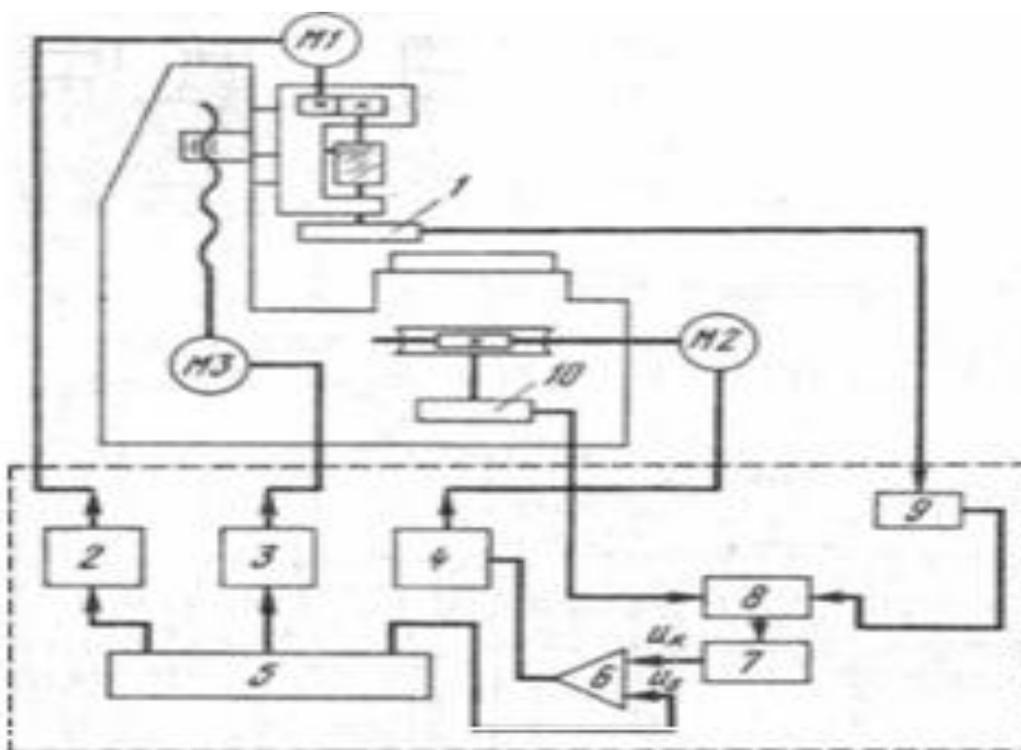


Рисунок 13.27. Структурная схема зубофрезерного станка с ЧПУ.

Этот сигнал складывается в суммирующем усилителе 6 с путевым сигналом привода стола, поступающим от блока управления приводами 5. Преобразователи 2, 3, и 4 осуществляют управление приводами координат станка соответственно *B*, *Z* и *C* (приводы координат *X* и *Y* на структурной схеме не показаны).

При зубофрезеровании УЧПУ должно обеспечить строго согласованное движение по всем координатам в сочетаниях, определяемых типом зубчатого колеса. Взаимосвязанное вращение приводов по координатам *B*, *C* и *Z* используют для обработки цилиндрических колес; по координатам *B*, *C* и *Y* - червячных ко-

лес (тангенциальное врезание); по координатам B , C , X и Z - колес с конусным и бочкообразным зубом.

В задачу УЧПУ входит расчет скоростей перемещений на основании задаваемых в программу обработки параметров зубчатого колеса, а также на основании информации о принятом цикле обработки.

Зубофрезерный полуавтомат мод. 53А50КФ4.

Зубофрезерный полуавтомат мод. 53А50КФ4 предназначен для нарезания цилиндрических и червячных колес, а также зубчатых колес с бочкообразным и конусным зубом в условиях единичного и мелкосерийного производства. Фрезерование зуба производится методом обката или методом единичного деления. Его выпускают на базе полуавтомата мод. 53А50. Класс точности станка - II.

Станок управляется системой ЧПУ, выполненной на базе трехкоординатного устройства цифровой индикации УЦИ К524 и электронного блока синхронной связи (БСС).

Для обработки всей номенклатуры заготовок станок (рис. 13.28) Должен иметь следующие движения, управляемые от УЧПУ: главное движение - вращение инструмента 5 (координата B); подачи: радиальную стола 4 (координата X), тангенциальную суппорта 2 (координата Y), вертикальную каретки 1 (координата Z); вращение стола 3 с заготовкой (координата C). При работе станка в режиме обката оси B , Y и Z являются задающими, а ось C - следящей. Импульсы датчика оси B поступают в импульсный умножитель 3 (рисунок 13.29), где умножаются на число заходов фрезы. Импульсы датчиков осей Z и Y проходят через электронные дифференциалы 1 и 2, в которых формируется определенное число импульсов на единицу перемещения суппорта и фрезы в соответствии с углом наклона зубьев, модулем и углом подъема винтовой линии фрезы. Умноженные и сформированные импульсы проходят через сумматор 4, где происходит их алгебраическое суммирование, и поступают в делитель 5 частоты, выполняющий роль электронной гитары деления.

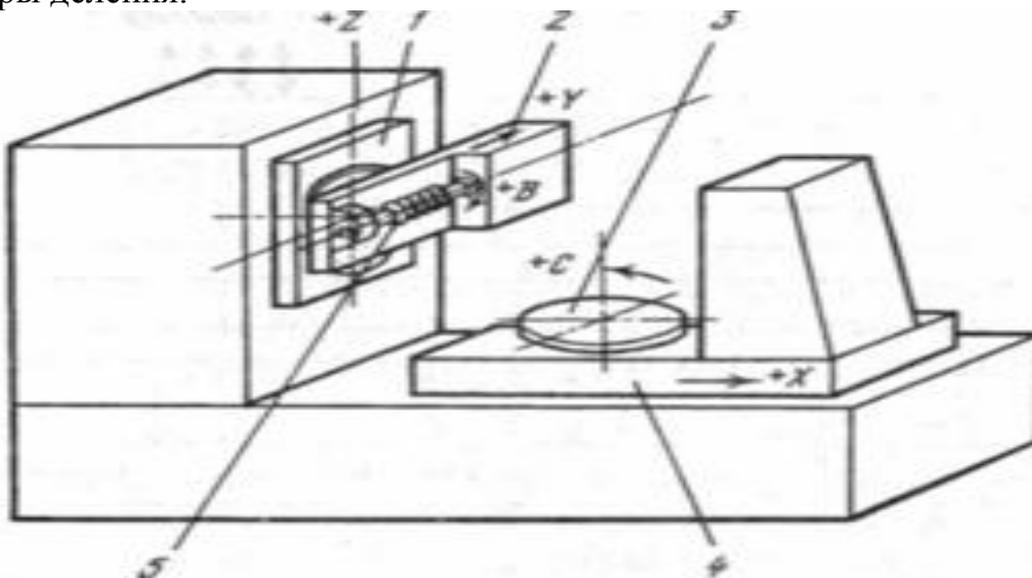


Рисунок 13.28. Компонировка станка модели 53А50КФ4

Выход электронной гитары 5 соединен с вычитающим входом реверсивного счетчика 6, суммирующий вход которого подключен к датчику обратной связи по положению оси С. Разность чисел импульсов на суммирующем и вычитающем входах формирует выходной код реверсивного счетчика, который подается в цифро-аналоговый преобразователь 7, где преобразуется в напряжение, пропорциональное углу рассогласования следящей системы. Это напряжение является задающим для привода оси С. Для повышения точности слежения в схему включены преобразователь 8 частота-напряжение и корректор 9 рассогласования, представляющий собой фазовый детектор, в котором сравниваются фазы импульсов электронной гитары и датчика обратной связи оси С. При этом на выходе формируется напряжение, величина и полярность которого соответствуют величине и направлению сдвига фаз.

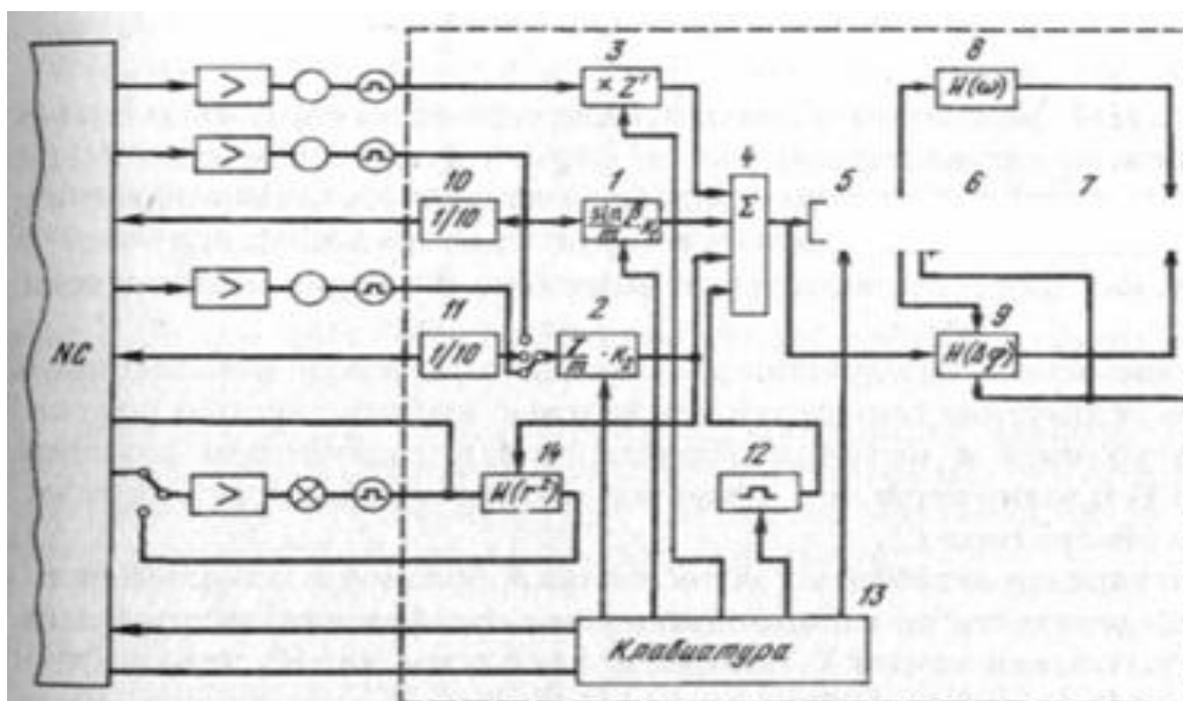


Рисунок 13.29. Структурная схема блока синхронной связи.

Включение одного или другого электронного дифференциала или их совместное включение определяются видом обрабатываемого колеса, его конфигурацией и методом обработки. При единичном делении датчик оси В блокируется, а в сумматор подается серия импульсов от отдельного генератора 12.

Принцип нарезания зубчатых колес с бочкообразной и конусной формой зуба заключается во взаимосвязанном перемещении инструмента по оси Z и заготовки по оси X, причем привод оси Z является ведущим, а привод оси X - следящим. Траектория перемещения заготовки относительно инструмента при нарезании конусных колес имеет линейную форму, а при нарезании бочкообразных - параболическую. Сигнал управления, определяющий форму траектории, формируется в устройстве 14 бочкообразования, а радиус бочкообразного колеса или

вращения стола также осуществляется от электродвигателя постоянного тока с высокой точностью отсчета углового поворота.

Главное движение - вращение шпинделя - производится электродвигателем М, через клиноременную передачу, две конические 29/29 и цилиндрическую 20/80 передачи.

Основные конструктивные особенности станков с ЧПУ.

1. Более широкое применение компоновки с подвижной стойкой, обеспечивающей лучшие условия для автоматизации загрузки заготовки.

2. Короткие кинематические цепи (с автономным приводом координат) с небольшим количеством передач, благодаря чему их точность сохраняется длительное время и обеспечивается высокая жесткость.

3. Применение в конструкции безазорных элементов: привода, фрезы, продольной, радиальной и тангенциальной подач фрезы, что повышает динамическую жесткость.

4. Автоматизация настройки, а часто также установки, закрепления инструмента и заготовки.

13.2. ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

Зубошлифовальные станки применяются для окончательной обработки сложных и высокоответственных зубчатых изделий (зубчатых колес, шеверов, инструментальных долбяков и т.п.) Основными их преимуществами является возможность обрабатывать твердые материалы, а также высокое качество поверхности и размерной точности изделий.

Основные методы зубошлифования можно разделить на:

1. Метод копирования. Он используется в крупносерийном производстве, так как для каждого зубчатого колеса необходимо профилировать шлифованный круг, оснащать станок сложным устройством правки.

2. Метод обката с периодическим делением (дисковыми и тарельчатыми кругами).

3. Метод обката с непрерывным образованием профиля абразивным червяком. Метод распространен при обработке малых зубчатых колес. Зубошлифовальные профили зуба - эвольвенты производится за счет взаимного обката обрабатываемой заготовки с инструментом, являющимся элементом производящей зубчатой рейки. Прямые боковые поверхности исходного профиля последней воспроизводятся в зубошлифовальном станке поверхностями шлифовального круга. Данный процесс формообразования обуславливает кинематическую связь вращательного движения обрабатываемой заготовки с относительным перемещением суппорта изделия (движение обката). Шлифовальный круг при обработке обеспечивает движение скорости резания. При теоретическом рассмотрении зон шлифования для схем, показанных на рисунке 12.31, можно отметить, что точечная форма контакта шлифовального круга и обрабатываемой заготовки обеспечивает большую точность и меньшее тепловыделение, а линейная - большую производительность обработки при прочих равных условиях. Эти и другие причины

(конструктивные схемы обката, механизмов деления и др.) обусловило появление разнообразных зубошлифовальных станков.

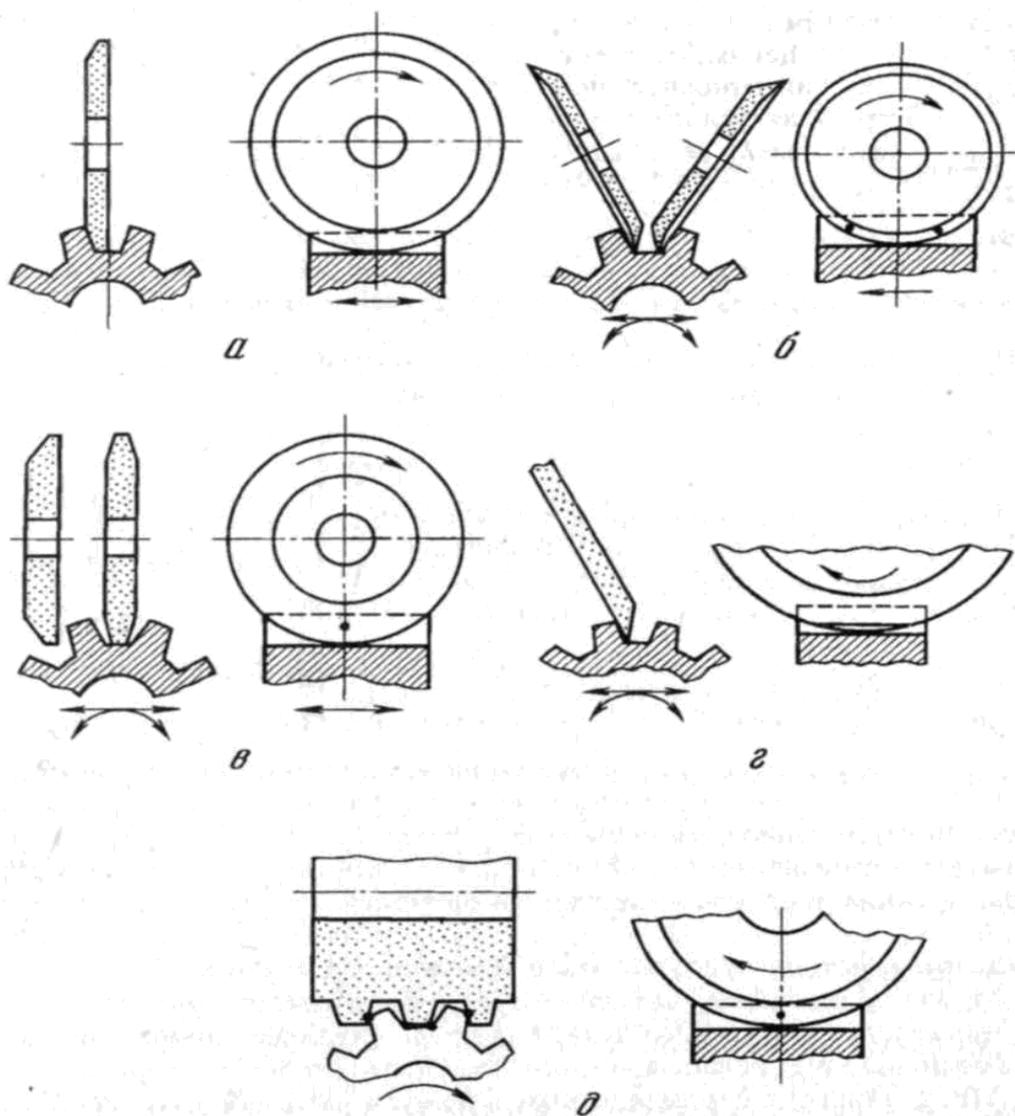


Рисунок 12.31. Варианты зубошлифования и форма контакта круга с изделием: а – методом копирования профильным кругом (линейный контакт), б - методом обката двумя тарельчатыми кругами с периодическим делением (контакт каждого круга в двух точках), в – методом обката коническим кругом (контакт в одной точке), г – методом обката плоской стороной круга (линейный контакт), д – непрерывное зубошлифование (точечный контакт с числом точек n).

Компоновка зубошлифовального станка с горизонтальной осью заготовки, работающего по методу обката с периодическим делением с двумя тарельчатыми кругами показана на рисунке 13.32. На станине станка в передней ее части расположены элементы, обеспечивающие подачу, обкаточное и делительное перемещения заготовки. Для шлифования косозубых колес стойка поворачивается на угол наклона зуба и неподвижно соединяется со станиной. На стойке вертикально

перемещается поперечина с двумя шлифовальными головками. Ее высота устанавливается в соответствии с диаметром шлифуемой заготовки, шлифовальные круги вращаются двумя двигателями. Рядом со шлифовальными кругами находятся правящее и подналадочное устройства. Заготовка устанавливается на зажимной оправке в центрах, либо в трехкулачковом патроне и поддерживается роликовым люнетом. На шесте горизонтального шпинделя заготовки расположен цилиндрический обкаточный сектор. Обкаточные ленты одним концом размещаются на обкаточном секторе и привинчиваются; их другой конец закрепляется на портальной стойке, расположенной на каретке подачи заготовки. Если обкаточная каретка и вместе с ней заготовка совершают возвратно-поступательное движение в поперечном направлении к оси заготовки, то обкаточный сектор неизбежно будет обкатывать туго натянутую обкаточную ленту и сообщать заготовке необходимое для метода обката вращение. Обкаточная каретка перемещается с помощью эксцентриков от двигателя обката. Длина хода регулируется смещением цапфы с кулисным камнем дисковым маховичком.

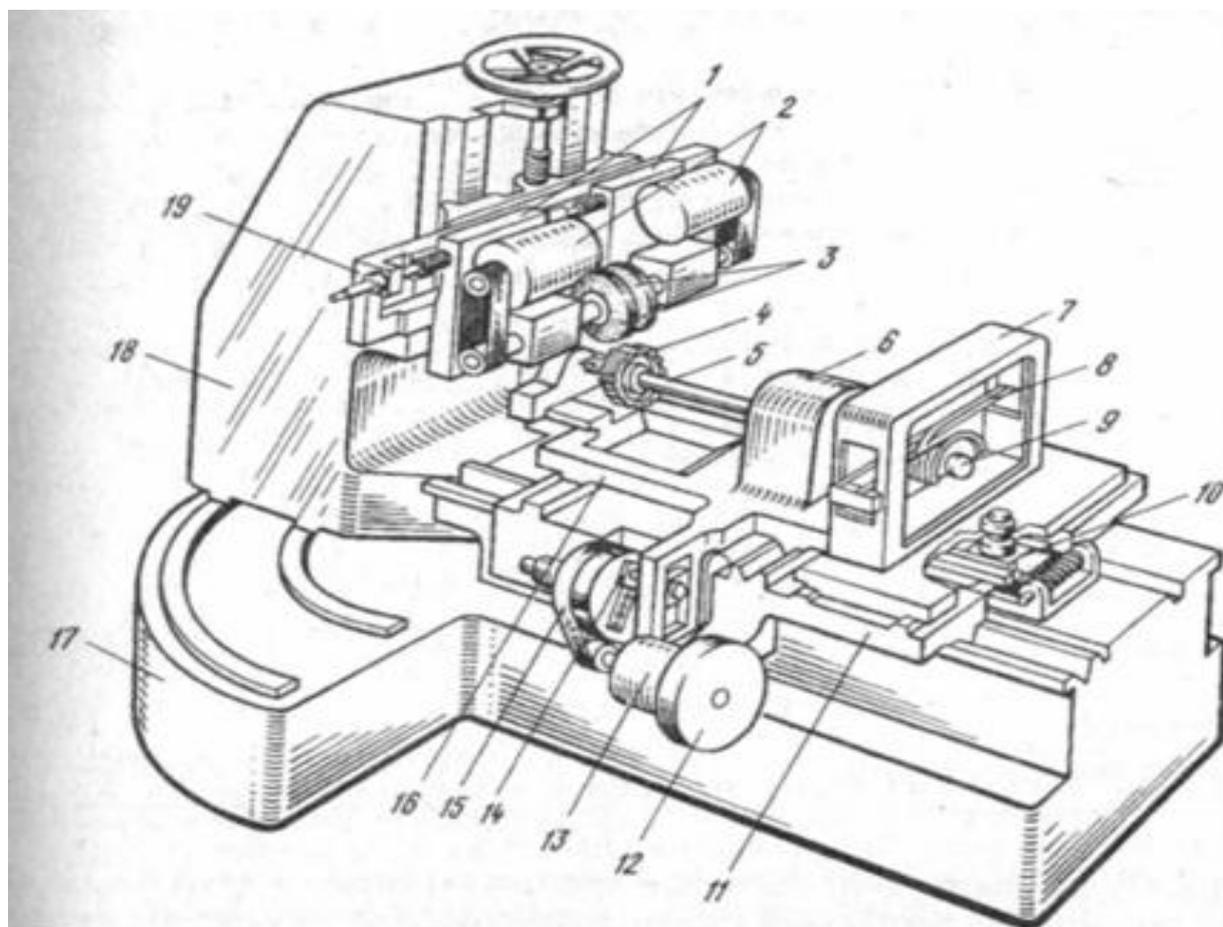


Рисунок 13.32. Компоновка зубошлифовального станка с горизонтальной осью, работающего по методу обката с периодическим делением с двумя тарельчатыми кругами: 1 – шлифовальная шпиндельная бабка, 2 – электродвигатели, 3 – шлифовальные круги, 4 – заготовка, 5 – зажимная оправка. 6 – обкаточная головка с делительным механизмом, 7 – стойка с обкаточной лентой, 8 – обкаточные ленты, 9 – обкаточный сектор, 10 – кулисная направ-

ляющая, 11 – салазки подачи, 12 – маховичок, 13 – двигатель обката, 14 – цапфа для кулисного камня, 15 – эксцентриковая шайба, 16 – обкатная каретка. 17 – станина станка, 18 – стойка, 19 – траверса.

Эти зубошлифовальные станки с нулевым углом зацепления предназначены для обработки деталей диаметром до 1000 мм массой до 4 т. На самом большом станке с 15-20-ти градусным углом зацепления можно обрабатывать детали диаметром до 4,75 м и массой до 50 т.

13.2.1. ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ, РАБОТАЮЩИЕ АБРАЗИВНЫМ ЧЕРВЯЧНЫМ КРУГОМ

Зубошлифовальные станки, работающие червячным абразивом, обеспечивают непрерывный процесс шлифования, не требующий отдельного движения деления. В этом случае процесс зубошлифования представляет собой имитацию червячного зацепления абразивного шлифовального круга с обрабатываемой заготовкой. При этом форма эвольвенты образуется в результате обката абразивного червяка и обрабатываемой заготовки, а форма зуба по длине (прямая или винтовая линия) - за счет осевой подачи заготовки, развернутой на соответствующий угол. Этот метод, известный как метод винтового шлифования с обкаткой, идентичен зубофрезерованию по методу обката и характеризуется высокой объемной производительностью резания и высокой точностью. На рис. 13.33 показана кинематическая схема такого зубошлифовального станка.

Шлифовальный червяк и шпиндель заготовки вследствие сравнительно небольших сил резания приводятся в действие синхронным двигателем. Обкатная кинематическая связь между кругом и заготовкой может быть реализована механическим или электромеханическим способом. Гидравлический тормоз на противоположной стороне привода заготовки обеспечивает компенсацию зазоров при работе приводных элементов. Во время обработки производится относительное продольное к оси заготовки перемещение абразивного червяка и заготовки для шлифования зуба по длине; подача на врезание производится в каждом конечном положении круга и заготовки. Дополнительное вращательное движение заготовки, необходимое для получения угла наклона при шлифовании винтовых зубьев, осуществляется от рейки 4 с помощью дифференциала. Правка червячного абразива производится с помощью специального устройства, имеющего отдельную обкатную цепь между вращением круга и поступательным перемещением правящего инструмента.

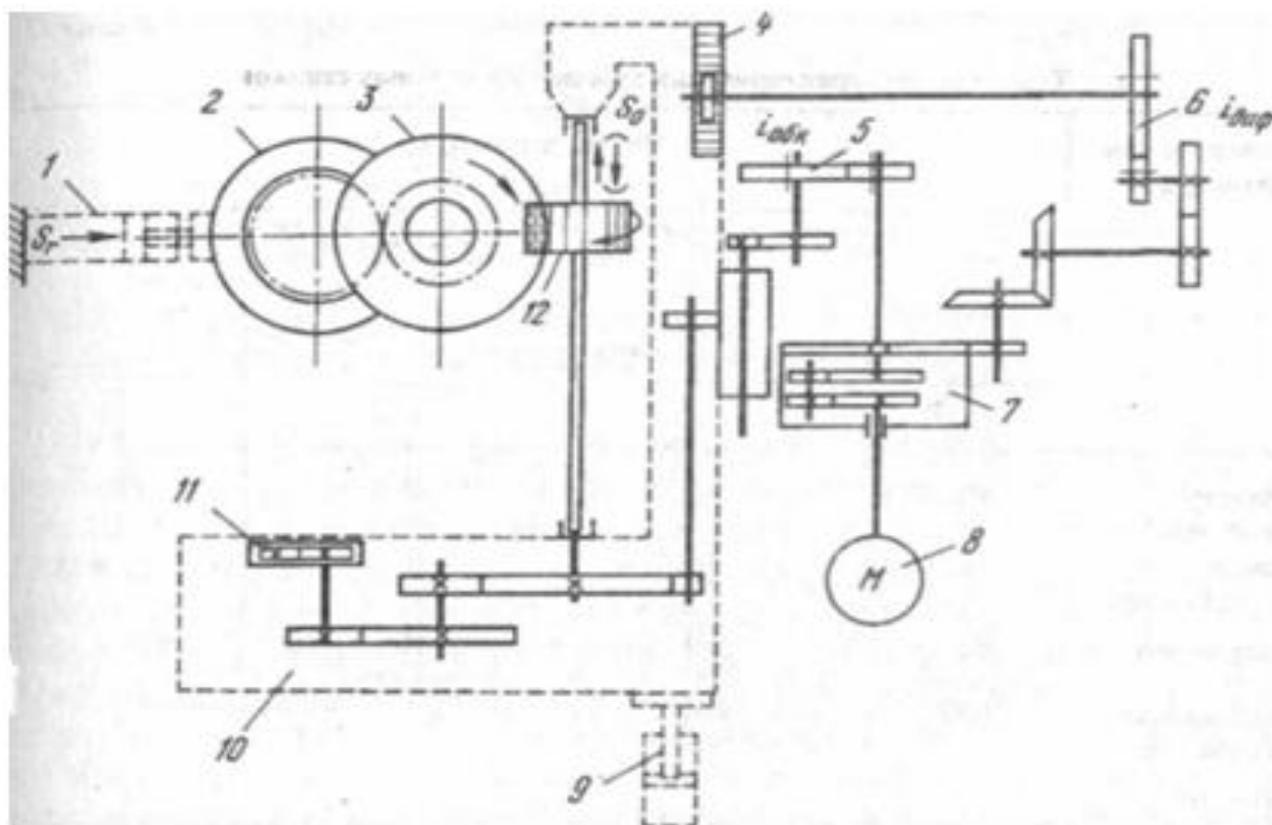


Рисунок 13.33. Кинематическая схема зубошлифовального станка, работающего червячным абразивом (непрерывная схема шлифования): 1 - гидравлический привод каретки шлифовального круга. 2 – синхронный двигатель привода инструмента, 3 – абразивный червяк. 4 – зубчато-реечная передача, 5 - делительная гитара цепи обката, 6 – гитара дифференциала. 7 – дифференциал, 8 - синхронный двигатель привода детали, 9 – гидравлический привод каретки изделия, 10 – каретка изделия, 11 – гидравлический тормоз, 12 – заготовка.

Принцип действия зубошлифовального станка с электронным управлением, работающего червячным абразивом, показан на рисунке 13.34. В таком станке кинематическая приводная цепь, связывающая шпиндель круга и заготовки со сменными шестернями, заменяется электронно регулируемым приводом. Для формообразования профиля эвольвенты методом обката шлифовальный шпиндель 8, приводимый в действие обычным асинхронным двигателем 4, имеет непосредственную связь с шаговым датчиком углового положения 7 очень высокой разрешающей способности. Импульсы, посылаемые этим датчиком, являются входными сигналами для регулируемого привода заготовки. Он, в свою очередь, состоит из высокомоментного двигателя постоянного тока 5, соединенного со вторым шаговым датчиком углового положения 10 также высокой разрешающей способности и с собственно шпинделем заготовки 9. Настройка привода заготовки производится регулятором 3.

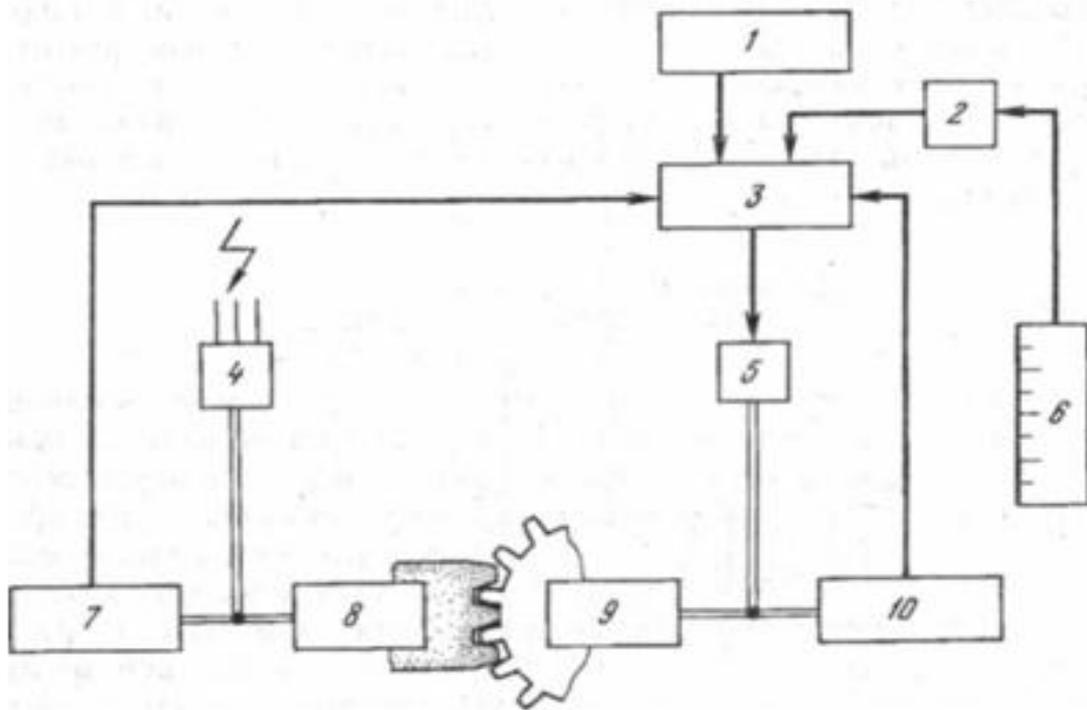


Рисунок 13.34. Принцип действия зубошлифовального станка с электронным управлением цепи обката: 1 – устройство ввода данных, 2 – электронный дифференциал, 3 – автоматический регулятор, 4 – привод шлифовального круга, 5 – привод изделия, 6 – импульсная масштабная линейка. 7, 10 – датчики угловых перемещений, 8 – шлифовальный шпиндель, 9 – шпиндель изделия.

Для образования формы зуба по длине при обработке зубчатых колес с винтовым зубом во время шлифования величина осевого перемещения заготовки относительно абразивного червяка измеряется с помощью масштабной линейки импульсного типа 6. При осевом смещении заготовки 9 происходит ее дополнительный относительный поворот через электронный дифференциал 2, регулятор 3 и серводвигатель 5. При шлифовании прямозубых колес эта цепь управления отключается. Посредством ввода данных 1 в регулятор 3 программируют обработку определенной заготовки, задавая число зубьев и угол наклона обрабатываемого колеса.

ГЛАВА 14. ЗАТЫЛОВОЧНЫЕ СТАНКИ.

14.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Затыловочные станки предназначены для затылования задних поверхностей зубьев дисковых фасонных (рисунок 14.1, а) и модульных (рисунок 14.1, б) фрез, резьбовых дисковых и гребенчатых (рисунок 14.1, в) фрез, цилиндрических фрез с прямыми и винтовыми (рисунок 14.1, г) зубьями, червячных цилиндрических (рисунок 14.1, д) и конических (рисунок 14.1, е) зуборезных фрез, метчиков и плашек с целью сохранения неизменности профиля зубьев и величин задних углов режущих зубьев при переточках их по передним поверхностям. Форма задних поверхностей затылуемых зубьев в направлении падения затылка у дисковых и гребенчатых фрез образована архимедовой спиралью, а у остальных инструментов - сложной пространственной спиралью.

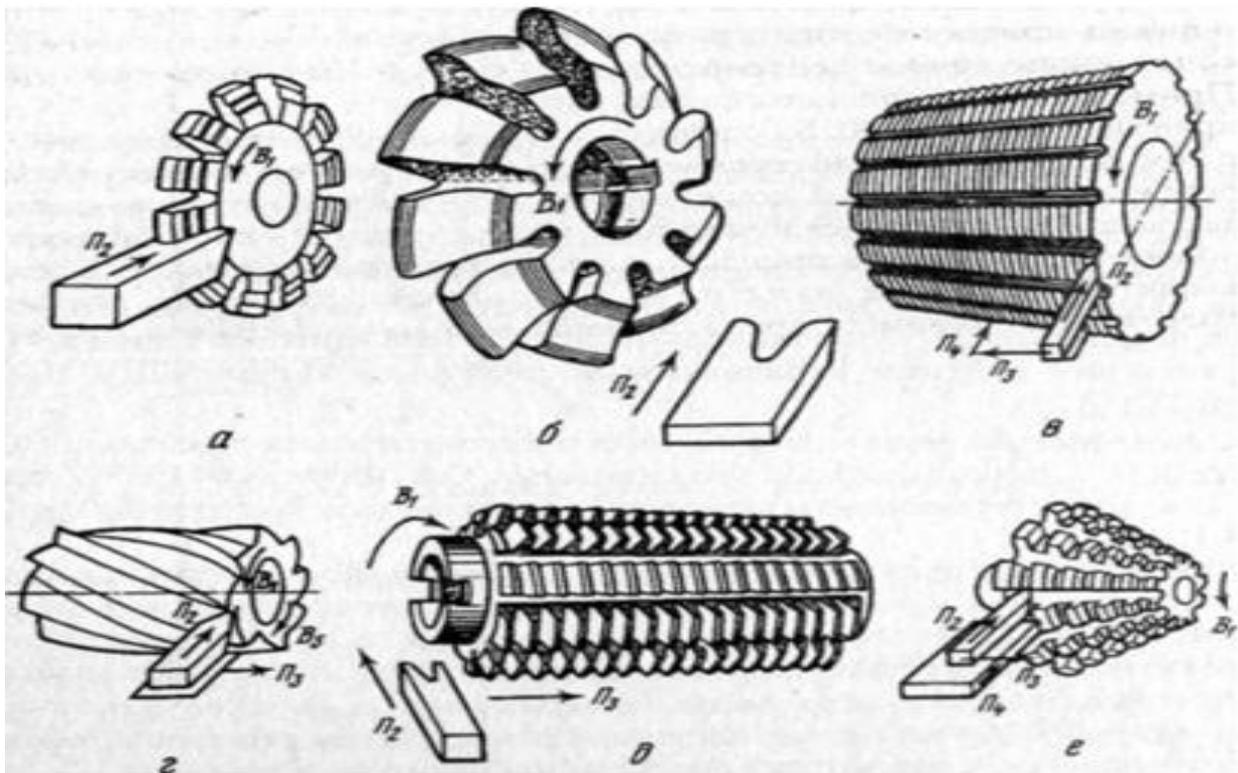


Рисунок 14.1. Виды фрез, затылуемых на токарно-затыловочных станках: а – фасонная дисковая, б- модульная дисковая, в – резьбовая гребенчатая, г - цилиндрическая с винтовыми зубьями, д – червячная цилиндрическая, е – червячная коническая.

При затыловании инструментов профильными резцами форма задних поверхностей зубьев образуется методом следа посредством одного сложного движения формообразования. Характер этого движения зависит от вида затылуемого инструмента.

Для затылования дисковых и гребенчатых цилиндрических фрез необходимо движение $\Phi_{и}(В1П2)$, для цилиндрических червячных фрез и метчиков – $\Phi(В1П2П3)$ и для конических червячных фрез и метчиков – $\Phi_{г}(В1П2П3П4)$. При затыловании шлифованием профильными кругами форма задних поверхностей зубьев образуется методом касания с помощью двух движений формообразования – простого и сложного. Простым движением является вращательное движение круга $\Phi_{и}(В1)$, а сложным – одно из перечисленных выше движений в зависимости от вида затылуемого инструмента.

Форма задней поверхности зубьев у цилиндрических фрез для обработки плоскостей (рисунок 14.1, г) образована в поперечном сечении архимедовой спиралью, а в продольном направлении прямой или цилиндрической винтовой линией. Для образования формы зубьев в поперечном сечении необходимо сложное движение $\Phi_{и}(В1П2)$, а в продольном направлении для прямого зуба – $\Phi(П3)$ и для винтового зуба – $\Phi_{х}(П3В5)$.

Помимо процесса формообразования при затыловании многозубчатых инструментов необходимы движения деления. У дисковых, гребенчатых и цилиндрических фрез вершины зубьев расположены равномерно по окружности и поэтому делительным движением будет простое вращательное $Д(В)$. Зубья цилиндрических червячных фрез и метчиков расположены по винтовой цилиндрической линии, а зубья конических червячных фрез и метчиков – по конической винтовой линии и в соответствии с этими делительными движениями будут $Д(П3)$ и $Д(В1П3П4)$.

Основные размеры затыловочных станков регламентированы ГОСТ 19660-74 "Станки токарные затыловочные. Основные размеры". Технические характеристики затыловочных станков представлены на рисунке 14.2.

Основные параметры	Модели станков			
	1810	1Б811	1Е812	1813
Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм	50	260	360	500
Наибольшее расстояние между центрами, мм	80	710	630	1225
Количество скоростей шпинделя	Бесступ.	10	15	12
Пределы частоты вращения шпинделя, мин ⁻¹	3,26...24,4	2,8...63	1,9...47,5	1,36...23
Пределы продольной подачи, мм/об	нет	0,1...0,64	0,075...1,2	0,1...1,0
Число затылуемых зубьев	8...15	1...40	1...40	4...30
Шаг винтовой линии нарезки затылуемого изделия, мм	0,1...0,8	0,5...240	0,5...360	1,5...550
Электродвигатель главного привода:		1		
мощность, кВт	0,5/1,5	3/4,5	5,5	7
частота вращения, мин ⁻¹	710/2720	700/1400	1500	920
Масса станка, кг	400	3250	3900	10100

Рисунок 14.2. Технические характеристики затыловочных станков

Затыловочные станки по конструктивному оформлению схожи с токарными и их основной особенностью является наличие механизма затылования. Этот механизм располагается в суппорте станка и предназначен для обеспечения возвратно-поступательного движения Π_2 резца (рис. 14.2,а) в направлении к затылуемой поверхности и от нее. Возвратно-поступательное движение резца обеспечивается применением дисковых сменных кулачков специального профиля (рис. 14.2,б). Профиль кулачка имеет рабочую abc и нерабочую ca части. Рабочую исходное положение осуществляется пружиной по кривой нерабочей части профиля кулачка. Вращение кулачка кинематически связано с вращением шпинделя станка и соотношение их скоростей регулируется с помощью гитары затылования.

Токарно-затыловочные станки (рисунок 14.3) во многом соответствуют токарно-винторезным и имеют следующие узлы: станину 1, на которой установлена передняя бабка 7, коробку передач 6, коробку подач 5, суппорт 2 с резцодержателем 8, каретку 4, фартук 3, заднюю бабку 10 и привод 9 для дополнительных приспособлений и устройств. На этих станках затылование зубьев всех видов режущего инструмента можно осуществлять как резцами, так и профильными шлифовальными кругами, а также выполнять все виды токарных работ. Затылуемый инструмент закрепляют на оправке в центрах, режущий инструмент - на затыловочной суппорте. Затылуемый инструмент получает вращательное движение со скоростью резания, а режущий инструмент - возвратно-поступательное затыловочное движение, согласованное с вращением заготовки, а при затылования

На рисунок 14.4 представлена кинематическая схема токарно-затыловочного станка модели 1E811 для затылования любых фрез с наибольшим диаметром обработки 250 мм, числом затылуемых зубьев 1...40, с наибольшим ходом затылования 20 мм, с шагом спирали стружечных канавок 100...48000 мм. Расстояние между центрами 530 мм. Вращение шпинделя осуществляется от электродвигателя М1 по цепи привода через зубчато-ременную передачу со шкивом $Z = 26$ и $Z = 29$ на автоматизированную коробку скоростей (АКС), имеющую на выходном валу девять разных частот вращения, далее через зубчато-ременную передачу $Z = 22$ и $Z = 34$ на входной вал шпиндельной бабки. Во время рабочего хода включается электромагнитная муфта ЭМ1 и движение от входного вала через двойной блок зубчатых колес 52/52 или 21/84, зубчатые передачи 42/65, 22/88 и 24/96 передается на шпиндель. цилиндрических фрез - еще и продольное перемещение суппорта.

АКС и шпиндельная бабка обеспечивают 15 различных частот вращения шпинделя в диапазоне 2,25...56 мин⁻¹. При холостом обратном ходе, при котором осуществляется возврат суппорта и реверсирование вращения шпинделя, включается электромагнитная муфта ЭМ2.

В станке предусмотрена возможность ручного поворота шпинделя при наладке станка, в процессе которого блокируется включение электродвигателя М1.

Кинематическая структура станка имеет три функциональные цепи, используемые при затыловании разных видов инструментов. При затыловании всегда используется цепь затылования станка, которая функционально согласует враще-

ние шпинделя станка с вращением сменного кулачка затылования, выполняя условие, что за один оборот затылуемой фрезы кулачок должен сделать столько оборотов, сколько зубьев у дисковой фрезы или стружечных канавок у цилиндрических фрез и метчиков.

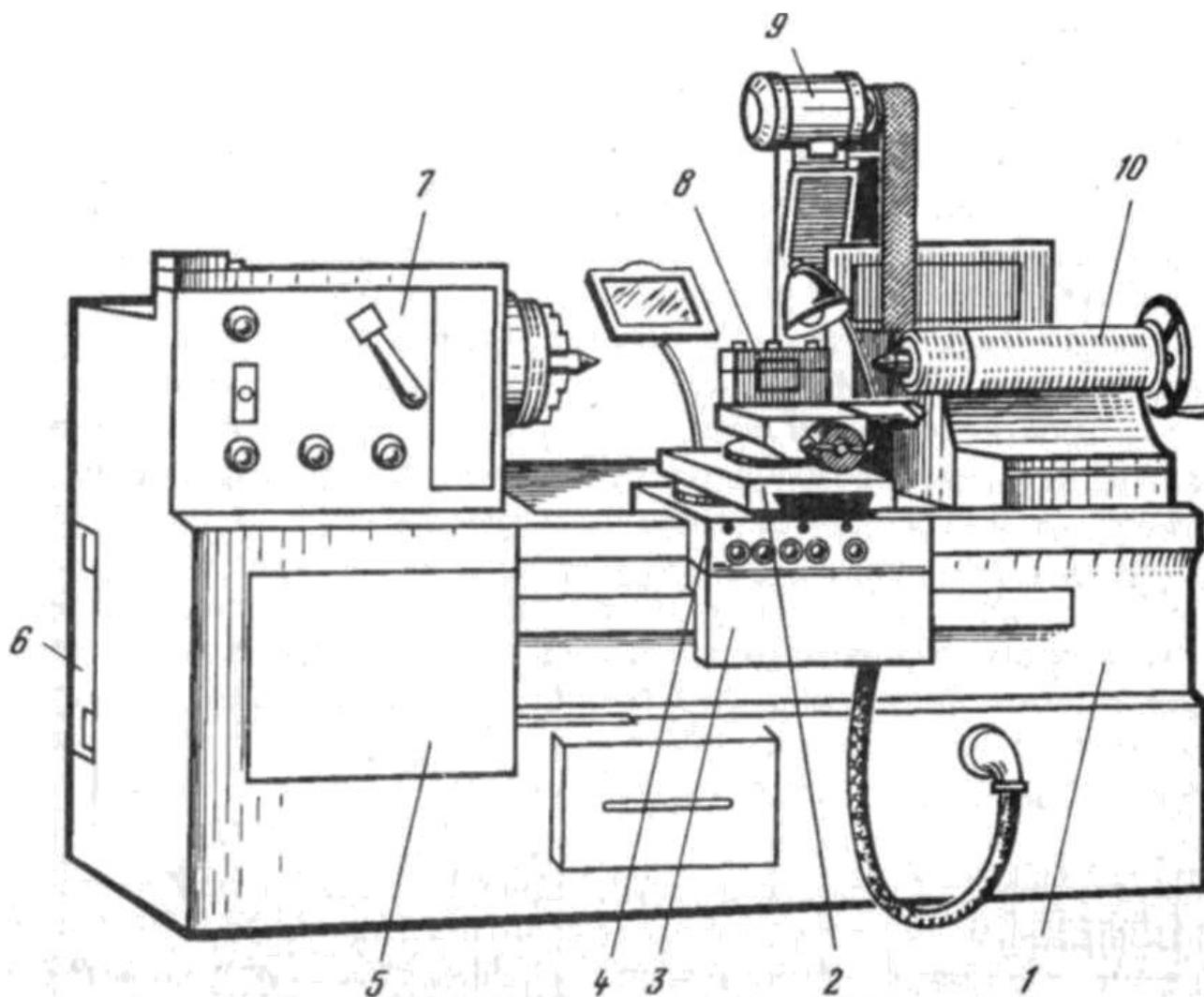


Рисунок 14.3. Универсальный токарно-затыловочный станок.

Второй функциональной цепью, которая всегда используется при затыловании цилиндрических и червячных фрез и метчиков с винтовыми стружечными канавками является винторезная цепь, обеспечивающая функциональное согласование вращения шпинделя с продольным перемещением суппорта станка. При этом должно выполняться условие: за один оборот фрезы суппорт с резцом должен переместиться вдоль оси фрезы на величину, соответствующую осевому шагу винтовой нарезки зубьев фрезы или метчика (x) или для случая затылования цилиндрической фрезы с винтовыми зубьями - шагу 7 винтовой линии зубьев.

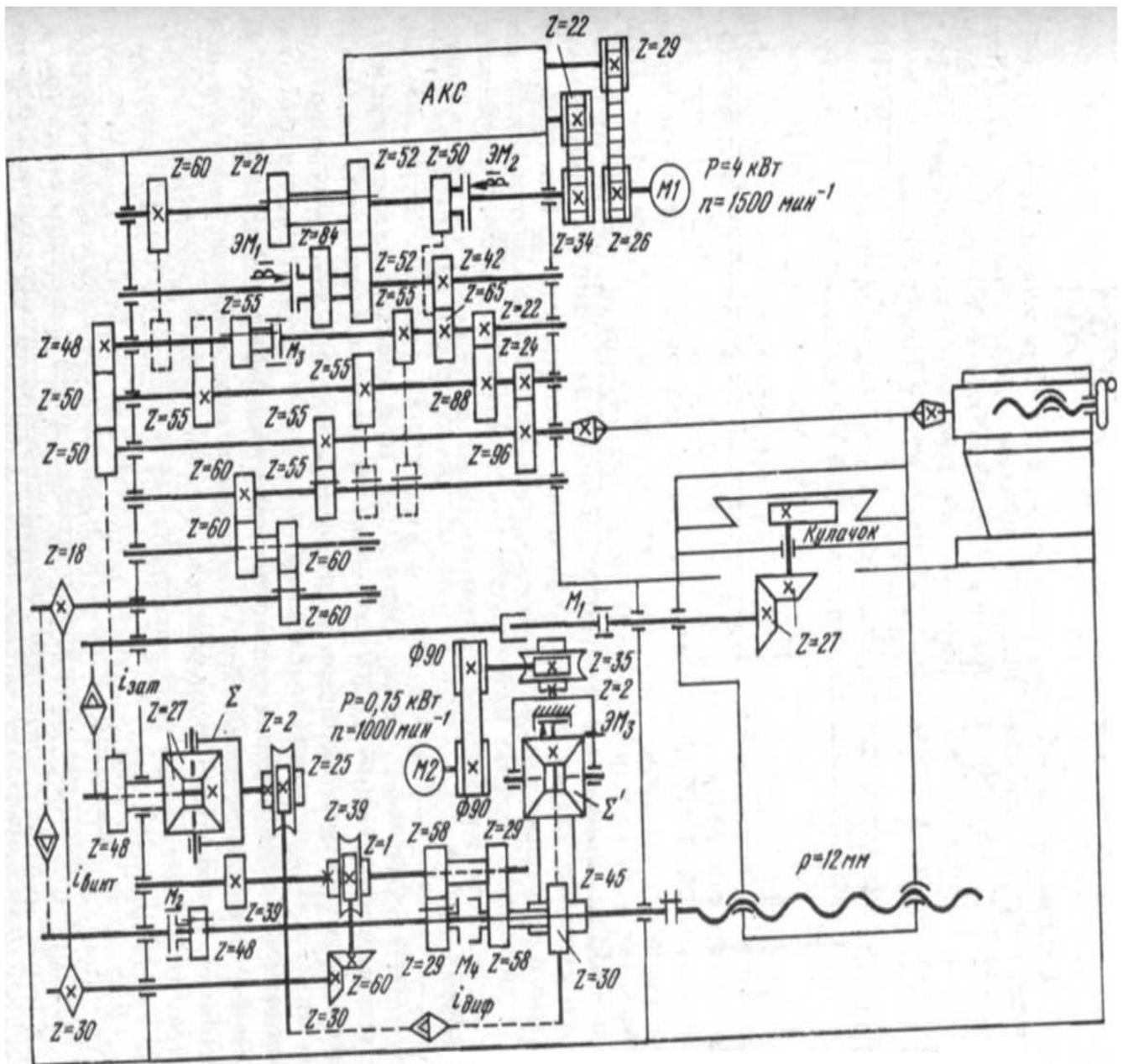


Рисунок 14.4. Кинематическая схема универсального токарно - затылочного станка модели 1E811.

Третьей функциональной цепью, которую используют при затыловании инструментов с винтовыми стружечными канавками, является дифференциальная цепь, обеспечивающая, как и цепь затылования, функциональное согласование вращения шпинделя фрезы с вращением кулачка.

С целью согласования начала момента затылования резцом зуба фрезы с ее поворотом осуществляют коррекцию процесса затылования, обеспечивающую необходимый доворот кулачка с помощью цепи: электродвигатель M2, ременная передача со шкивами 90-90, червячная передача 2/35, конический дифференциал и далее по участку дифференциальной цепи до кулачка. Коррекция осуществляется нажатием толковой кнопки управления электродвигателем M2.

При наладке станка необходимо точно расположить ось симметрии профиля затылуемого резца по линии расположения зубьев на фрезе (окружности или винтовой линии). Для этого производят наладочное движение суппорта с резцом вдоль оси фрезы по цепи: электродвигатель М2, ременная передача со шкивом 90, червячная пара 2/35, конический дифференциал с передаточным отношением $i = 2$, (так как в этом случае верхнее центральное колесо заторможено и движение передается с водила на нижнее центральное колесо) далее на винтовую цилиндрическую передачу 45/30 и через замкнутую муфту М₄ на ходовой винт суппорта. При этом муфта М₂ разомкнута и находится в нейтральном положении. Наладочное движение осуществляется электродвигателем М2 нажатием толчковой кнопки управления.

На станке можно производить и токарную обработку цилиндрических поверхностей. Для этого используют цепь подач при отключении цепи затылования с помощью муфты М₃, которая должна находиться в нейтральном положении, и муфты М1. В этом случае вращение шпинделя станка согласуют с продольным перемещением по цепи.

Переключением передвижного зубчатого колеса $Z = 55$ звена увеличения шага, обеспечиваются значения величин продольных подач, которые можно увеличивать в четыре и в шестнадцать раз.

ГЛАВА 15. ЗАТОЧНЫЕ СТАНКИ.

15.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

К заточным станкам относятся станки шлифовальной группы, предназначенные для осуществления технологических операций заточки и доводки режущих инструментов на заключительном этапе их изготовления и восстановления режущих свойств затупившегося инструмента.

По способу заточки и доводки режущих инструментов заточные станки разделяются на две группы: на станки для механической абразивной обработки, работающие абразивными, алмазными и эльборовыми шлифовальными кругами, и на станки для электроабразивной обработки (анадно-механические, электрохимические, электроискровые, электроэрозионные).

По целевому назначению, типу конструкции и характеру выполняемых на станке операций заточные станки можно подразделить на простые, универсальные общего назначения и специализированные (специальные). К простым относятся точильно-шлифовальные (точила) станки для осуществления вручную заточки резцов, сверл и выполнения мелких слесарно-обдирочных, зачистных и полировальных работ.

Универсальные заточные станки (рисунок 15.1) предназначены для заточки и доводки в большинстве случаев многолезвийных режущих инструментов различного вида - зенкеров, разверток, червячных фрез, долбяков, метчиков и др.

Специализированные заточные станки (как правило автоматы или полуавтоматы) предназначены для заточки одного вида режущего инструмента - сверл, червячных и других видов фрез, резцов и т.д

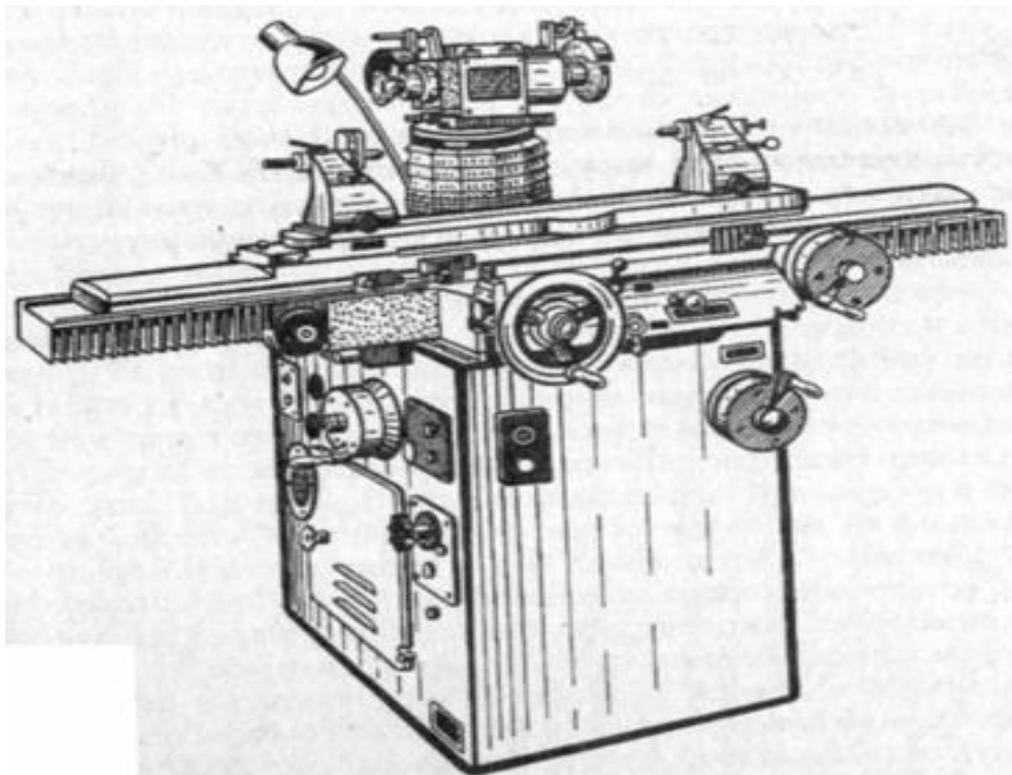


Рисунок 15.1. Универсально-заточной станок 3Е642.

15.2. УНИВЕРСАЛЬНО-ЗАТОЧНЫЕ СТАНКИ.

Универсально-заточные станки, имеющие наибольшее распространение среди парка заточных станков, предназначены для заточки и доводки основных видов многолезвийных режущих инструментов из инструментальной стали, твердого сплава и минеролокерамики абразивными, алмазными и эльборовыми кругами.

Технические характеристики ряда станков приведены на рисунке 15.2. На рисунке 15.3 представлена компоновочно-кинематическая схема универсально-заточного станка мод. ЗЕ642. К его основным узлам относятся станина 1, основание стола 16, продольный стол 14, поворотная плита 12 стола, шлифовальная головка 10 со шпинделем 11, поворотный кронштейн 9, корпус шлифовальной бабки 7, поворотная плита 6, колонна 4, каретка 3. Станина 1 представляет собой чугунную отливку Т-образной формы. На ней крепится основание стола 16 с роликовыми направляющими, по которым перемещается продольный стол 14 вместе с верхней поворотной плитой 12, имеющей возможность поворота в горизонтальной плоскости. Плита 12 служит для расположения на ней приспособлений и принадлежностей (рисунок 15.4) станка, необходимых для установки, закрепления, а в некоторых случаях и для осуществления делительных движений затачиваемого инструмента.

Основные параметры	Модели станков			
	3644	3М641	ЗЕ642	ВЗ-215Ф4
Класс точности	В	П	П	В
Наибольший диаметр обрабатываемого инструмента (в центрах), мм	65	160	250	250
Наибольшая длина обрабатываемого инструмента (в центрах), мм	160	400	630	800
Размеры рабочей поверхности стола, мм	—	100×630	140×900	140×900
Угол поворота стола, град	±90	±60	±45	±45
Наибольший диаметр устанавливаемого шлифовального круга, мм	100	200	200	250
Пределы частот вращения шлифовального шпинделя (круга), мин ⁻¹ и их регулирование	2780...7750 (2 ступени)	2240...9000 (бесступ)	2200...6400 (4 ступени)	2240...6300 (4 ступени)
Мощность привода шлифовального круга, кВт	0,37/0,55	0,75/1,1	1,1/1,5	2,2/1,5
Габаритные размеры станка, мм	700×850×1530	1375×1260×1540	1745×1940×1550	4100×3100×2700
Масса станка, кг	600	880	1200	4500

Рисунок 15.2. Технические характеристики универсально-заточных станков.

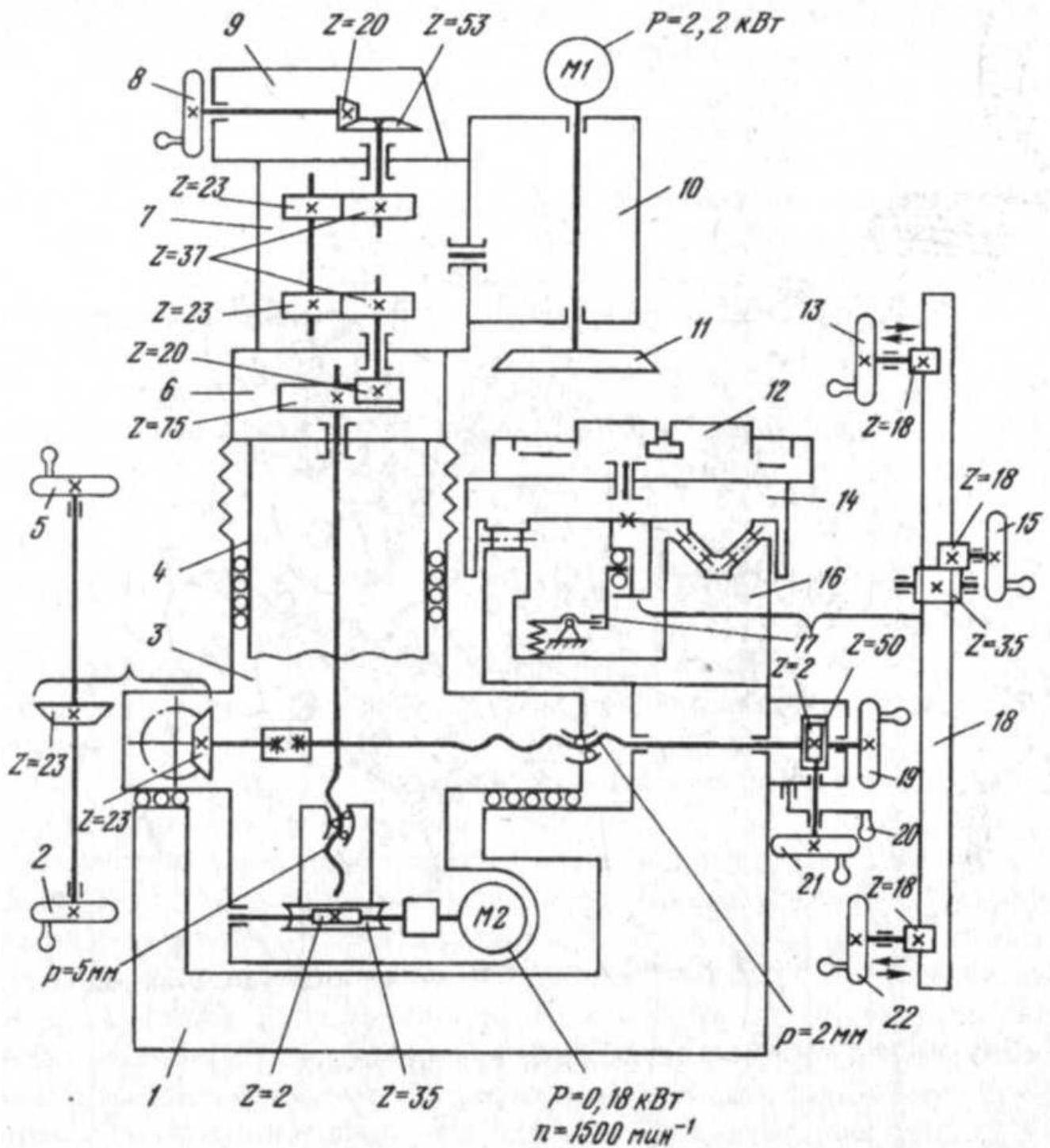


Рисунок 15.3. Компоновочно - кинематическая схема универсально-заточного станка модели 3Е642.

На станине также располагается и перемещается по направляющим качения в поперечном направлении каретка 3, в верхней части которой вертикально по цилиндрическим направляющим качения движется корпус колонны 4. На колонне через промежуточную поворотную плиту 6 установлен корпус шлифовальной бабки 7, на которой закреплены поворотный кронштейн 9 и шлифовальная головка 10 со шпинделем шлифовального круга 11. Шпиндель круга 11 совместно с шлифовальной головкой 10 может поворачиваться в вертикальной плоскости от-

носителю корпуса шлифовальной бабки 7 по отношению к своему горизонтальному положению вверх/вниз на 40° . В свою очередь корпус бабки 7 имеет возможность поворачиваться в горизонтальной плоскости относительно промежуточной плиты 6 или вместе с ней относительно колонны 4. Совокупность двух поворотов обеспечивает широкий диапазон углов установки шлифовального круга относительно затачиваемого инструмента.

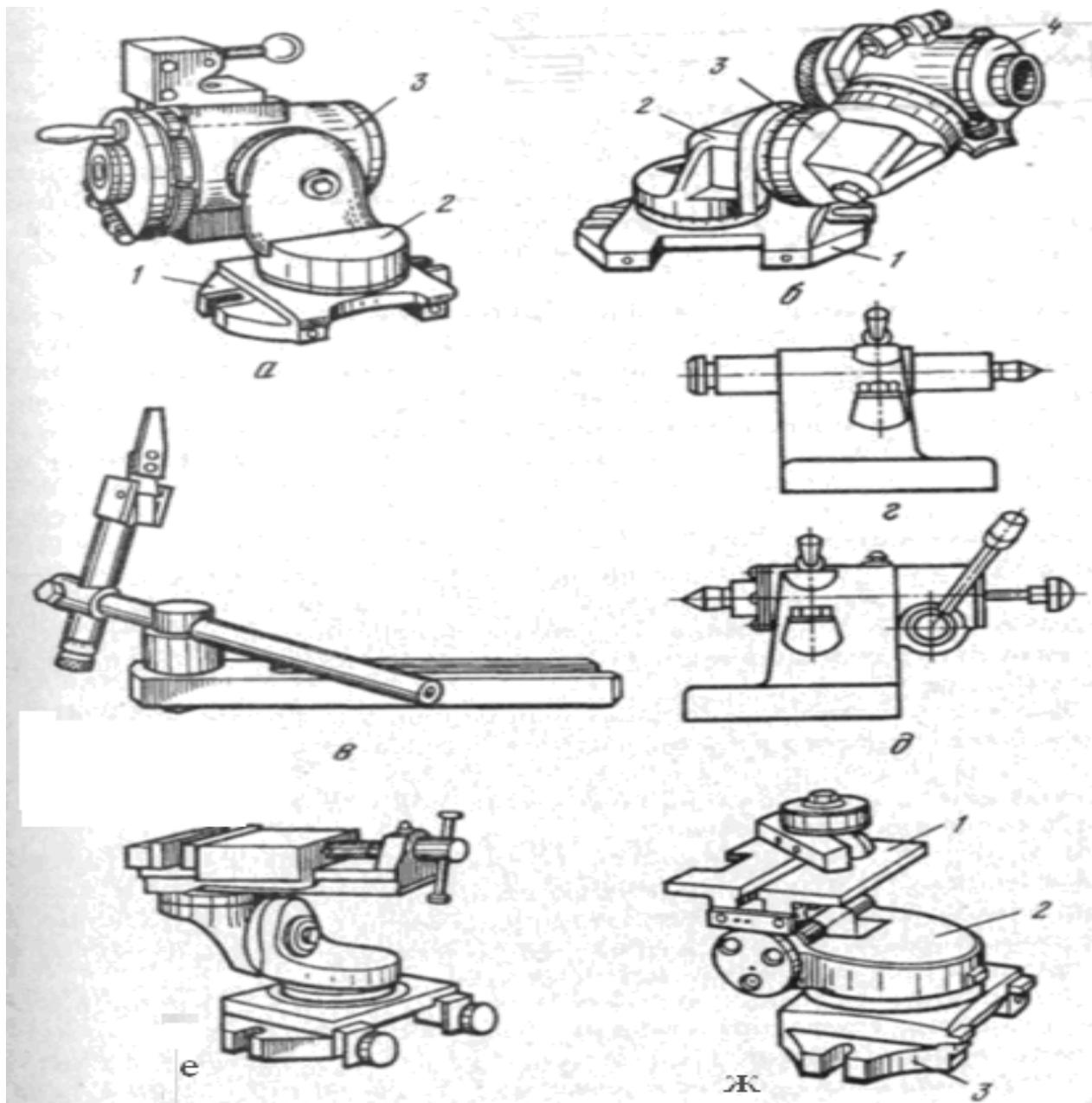


Рисунок 15.4. Основные приспособления к универсально-заточным станкам: а – большая универсальная головка (бабка), б – малая универсальная головка (бабка), в - универсальный упор, г – передняя центровая бабка, д – задняя центровая бабка, е – универсальные тиски, ж – подручник.

Привод шлифовального круга 11 (движение резания) осуществляется от электродвигателя М1 с бесступенчатым регулированием частоты вращения. Про-

дольное перемещение стола 14 (движение продольной подачи) осуществляется вручную от маховика 15 через зубчатые колеса $Z = 18$ и $Z = 35$, последнее из которых зацепляется с рейкой 18, закрепленной на столе 14. Перемещение стола 14 можно также производить и от маховиков 13 и 22, расположенных с другой стороны стола. В гидрофицированном станке мод. 3Е642Е привод продольного перемещения стола осуществляется от гидроцилиндра.

Поперечное перемещение каретки 3 с колонной 4 осуществляется вручную от маховичка 19 передающего вращение непосредственно на ходовой винт $P = 2$ мм или от маховичков 2 и 5 через пару конических колес $Z = 23$ при грубых поперечных подачах шлифовального круга 11 и отключенном механизме тонкой подачи. Для осуществления тонкой поперечной подачи шлифовального круга используется маховичок 21, смонтированный вместе с червяком $Z = 2$ на эксцентричной втулке. Включение и выключение механизма тонкой подачи производится рычагом 20 путем поворота эксцентричной втулки в результате чего червяк вводится или выводится из зацепления с колесом $Z = 50$.

Подъем и опускание колонны со шлифовальной бабкой и кругом производится реверсивным электродвигателем М2 через муфту и червячную пару 2/35. Червячное колесо $Z = 35$ жестко связано с гайкой винта с шагом $p = 5$ мм. При вращении гайки винт $p = 5$ мм перемещается в вертикальном направлении, поднимая или опуская колонну 4. Перемещение колонны можно осуществить также вручную от маховичка 8, передающего вращение через пару зубчатых колес 20/53, две пары цилиндрических колес 37/23 и 23/37, пару цилиндрических колес с внутренним зубом 20/75 и далее на винт с шагом $p = 5$ мм. При повороте лимба маховичка 8 на одно деление обеспечивается вертикальное перемещение шлифовального круга на 0,005 мм, а при повороте лимба маховичка 21 тонкой поперечной подачи на одно деление шлифовальный круг получает поперечное перемещение, равное 0,001 мм.

Для исключения вертикальных перемещений продольного стола 14 при действии боковых рабочих нагрузок, в середине корпуса его основания под направляющими расположен прижим 17, состоящий из подшипника, установленного на горизонтальной оси, имеющей возможность смещения вверх - вниз.

В комплект принадлежностей к универсально-заточным станкам входят наборы центров, переходных втулок, оправок, поводков, хомутиков, разнообразных приспособлений, устройств и вспомогательных инструментов для установки, закрепления обрабатываемых заготовок и расширения технологических возможностей станка.

Большую универсальную бабку (головку) (рисунок 15.4, а) применяют для затачивания передних и задних поверхностей торцовых и диаметральных прямых, наклонных и винтовых режущих кромок хвостовых и насадных инструментов (фрез, зенкеров.). Установленный в шпинделе бабки инструмент может поворачиваться вокруг своей оси и на любой угол в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Заточка многолезвийного инструмента, закрепленного в универсальной бабке, может производиться с использованием универсальной упорки или делительного механизма, имеющего диск с 24-мя пазами. Бабка состоит из плиты 1, поворотного угольника-кронштейна 2 и корпуса 3 со шпинделем.

Малая универсальная бабка (головка) рисунок 15.4, б отличается широкими возможностями установки затачиваемого инструмента, так как она позволяет инструменту поворачиваться не только вокруг своей оси, но вокруг еще трех осей. Заточка инструмента может производиться с делением по упорке или по делительному диску, работающему аналогично храповому механизму. Малая бабка состоит из плиты 1, поворотного кронштейна 2, промежуточного кронштейна 3 и корпуса 4 шпиндельной головки с делительным диском.

Универсальная упорка (рис. 15.4, в) предназначена для ориентации и фиксирования затачиваемого многолезвийного инструмента с прямыми и винтовыми зубьями по отношению к шлифовальному кругу, а также для деления при переходе к заточке следующего зуба и обеспечения постоянства положения инструмента в процессе заточки.

Передняя (рисунок 15.4, г) и задняя (рисунок 15.4, д) центровые бабки используются для установки и закрепления в центрах хвостовых инструментов или с помощью центровых оправок насадных инструментов. Они обеспечивают заточку передних и задних поверхностей прямых, наклонных и винтовых зубьев, расположенных на периферии таких инструментов как зенкеры, развертки, цилиндрические, концевые и торцевые фрезы, метчики.

Универсальные трехповоротные тиски (рисунок 15.4, е) предназначены для заточки резцов, плоских протяжек для наружного протягивания и другого аналогичного инструмента.

Подручник (рисунок 15.4, ж) используется в качестве опоры при затачивании вручную различных типов резцов, дисковых пил и им подобных инструментов. Стол 1 подручника может поворачиваться вокруг горизонтальной оси на 30° относительно шарнирного кронштейна 2 и вокруг вертикальной оси на 360° совместно с кронштейном относительно плиты 3. Опорная планка на столе может поворачиваться и закрепляться под любым углом, отсчитываемым по соответствующей шкале. Для заточки и доводки режущих инструментов помимо универсально-заточных станков с механической абразивной заточкой в инструментальном производстве применяются также электрозаточные универсальные станки. Их оснащают источником тока, установкой для подачи и очистки электролита, воздухоочистительным устройством для отсоса аэрозолей электролита и газообразных продуктов электрохимических и электроэрозионных реакций. Схема заточки инструмента на станке модели 3762 показана на рис. 15.5. Шпиндель с установленным на нем шлифовальным алмазным кругом 1 подключается через скользящий контакт 3 к отрицательному полюсу источника постоянного тока (катоду), а затачиваемый инструмент 4 - к положительному (аноду). Электроизоляция шпинделя обеспечивается специальной втулкой 2. В процессе затачивания круг вращается (главное движение) и перемещается перпендикулярно обрабатываемой поверхности инструмента (поперечная подача). Затачиваемый инструмент совершает при этом осциллирующее возвратно-поступательное движение вдоль обрабатываемой поверхности (продольная подача).

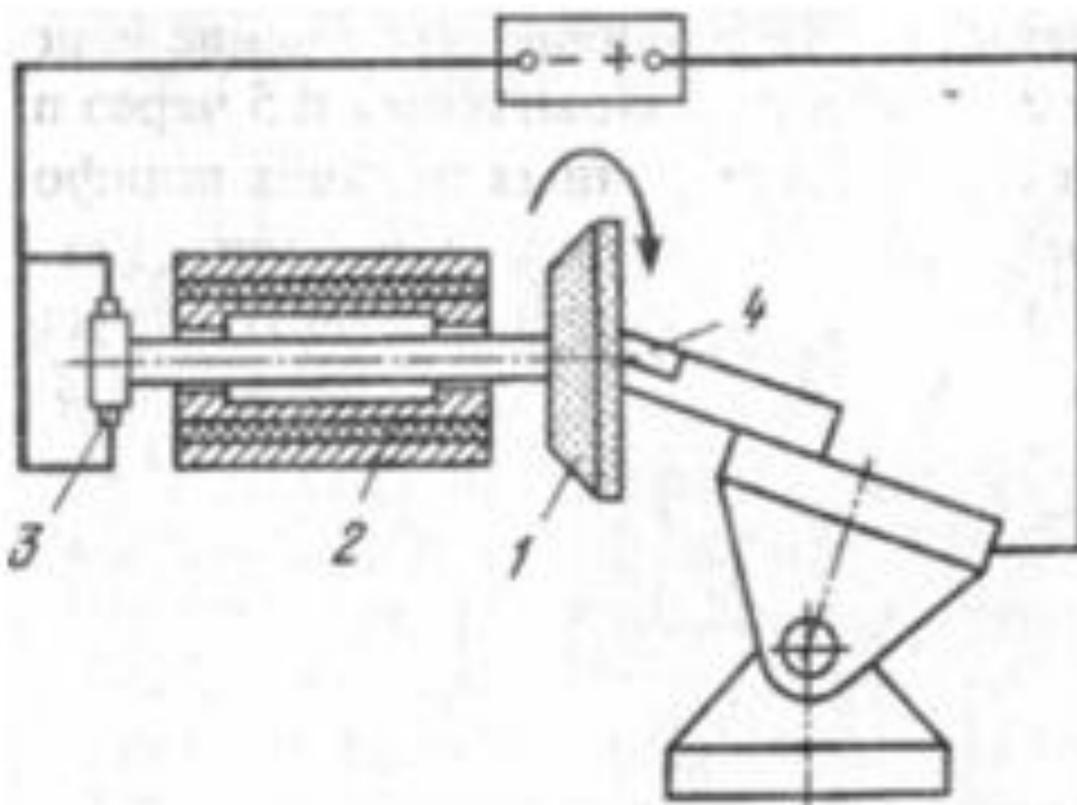


Рисунок 15.5. Принципиальная схема заточки инструмента на электрохимическом заточном станке.

На рисунках 15.6 и 15.7 показана шлифовальная головка с электроприводом и продольный стол универсально-заточного электрохимического станка модели 3672. Шпиндель 11 (рисунок 15.6) головки смонтирован в гильзе 10 на двух парах подшипников, натяг в которых осуществляется пружинами. Гильза 10 шпинделя изолирована от корпуса головки изоляционным слоем 9, состоящим из смеси синтетических смол и наполнителя, а торцы ее охвачены текстолитовыми втулками - крышками 8 и 13. Шпиндель имеет внутреннее отверстие в форме конуса Морзе № 4 для установки в него оправки 12 с шлифовальным кругом 14. Передача вращения шпинделю осуществляется от электродвигателя 2 через плоскоремennую передачу 4 со шкивами 3 и 7. Корпус электродвигателя выполнен в виде гильзы 1, закрепленной клеммным зажимом в расточке корпуса шлифовальной головки. Ось вала двигателя не совпадает с осью гильзы 1, в которой расположен электродвигатель, поэтому при повороте гильзы в расточке можно изменять расстояние между осями вала двигателя и шпинделя головки и тем самым осуществлять натяжение ременной передачи. Шлифовальный круг 14 через оправку и шпиндель подключается к электрической цепи источника тока посредством напрессованного на шпиндель токосъемного кольца 6, к которому через щетки 5 подводится ток. Шлифовальные круги устанавливаются на шпиндель головки и снимаются вместе с оправкой 12, которая в шпинделе закрепляется с помощью шомпола.

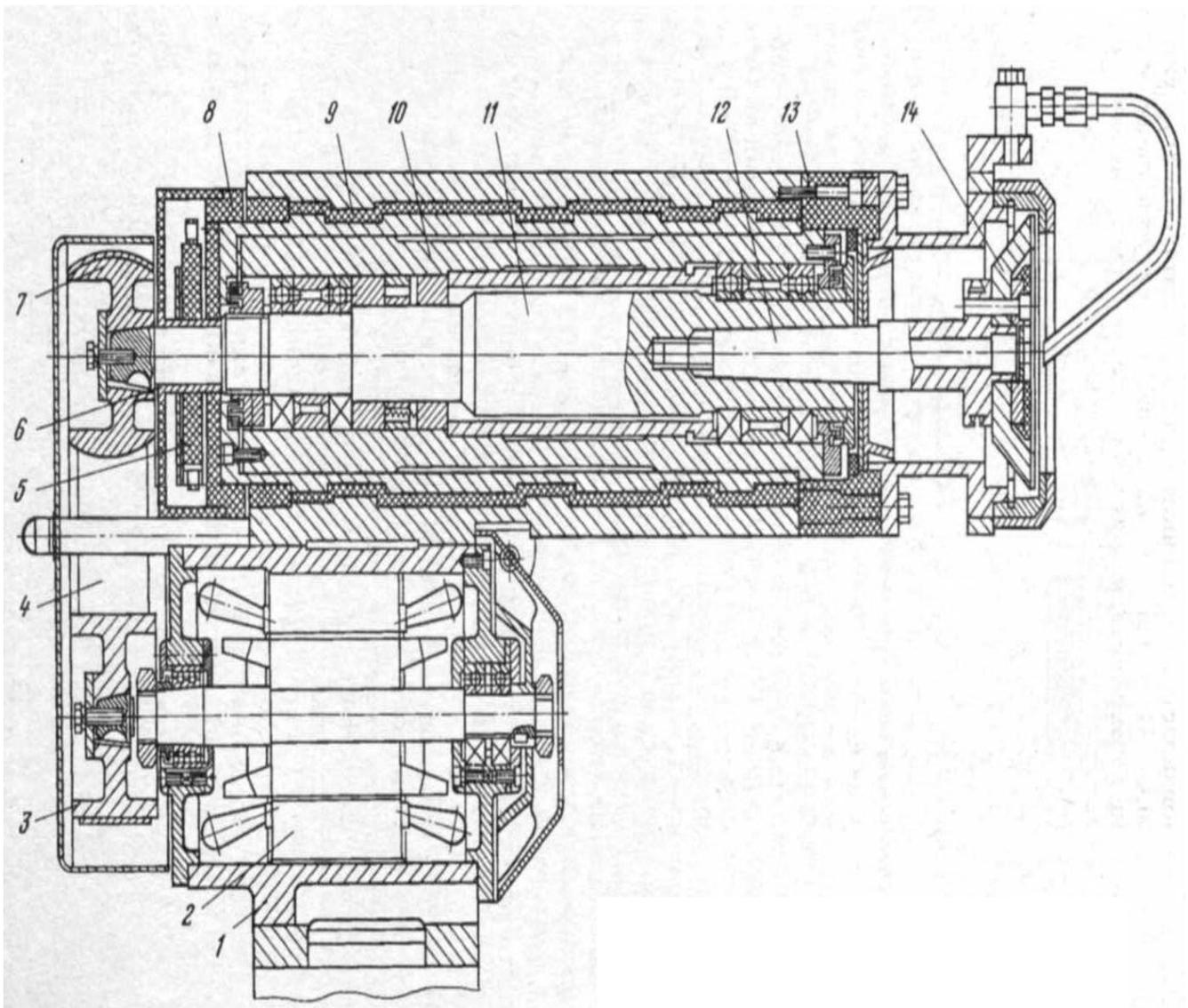


Рисунок 15.6. Шлифовальная головка с электроприводом универсально-заточного электрохимического станка модели 3672.

Продольный стол (рисунок 15.7) станка служит для установки, ориентации и крепления технологической оснастки, необходимой для заточки инструмента и сообщения ему продольного перемещения относительно шлифовального круга. Стол состоит из двух частей - верхней поворотной плиты 3 и нижнего корпуса 5. Стол перемещается по роликовым направляющим 8 основания стола, защищенным от загрязнения уплотнением 6. Натяг в направляющих регулируется продольным перемещением клина 7. Поворотная плита 3 может быть развернута под углом относительно направления продольной подачи вокруг оси 13, удерживаемой шайбой 4. Предварительный поворот плиты 3 осуществляется вручную, а угол поворота измеряется по шкале 9, расположенной в центре стола. Точный поворот плиты 3 осуществляют ввинчиванием или вывинчиванием винта 18 в гайку 16, благодаря чему кольцо 17 перемещает линейку 14, в которую входит палец 15. Другой конец пальца входит в плиту. Точный отсчет угла поворота производят по шкале 2. Приближенное требуемое угловое положение стола можно установить после поворота рукоятки 19, с помощью которой приподнимается палец 15 с ши-

пом, отсоединяя его от линейки 14. Закрепление стола осуществляют с помощью винтов 1 и эксцентрика 11 с шайбой 12. Ориентация и закрепление технологической оснастки производится на столе с помощью Т-образного паза, базисуемые плоскости которого параллельны направлению продольной подачи в исходном положении, соответствующем нулевым отсчетам по шкалам 2 и 9. Угол поворота верхней плиты 3 составляет $\pm 25^\circ$. Смазка к направляющим подается через пробку 10, в процессе заточки вместе с инструментом, и используется для деления и выполнения опорной функции. При заточке же винтовых зубьев упорка закрепляется на шлифовальной головке станка и помимо делительной и опорной функций служит для придания затачиваемому инструменту винтового движения при его продольном перемещении вместе со столом. Для заточки зубьев на режущей (конусной) части зенкера и развертки стол предварительно поворачивают на угол конусности затачиваемого участка инструмента.

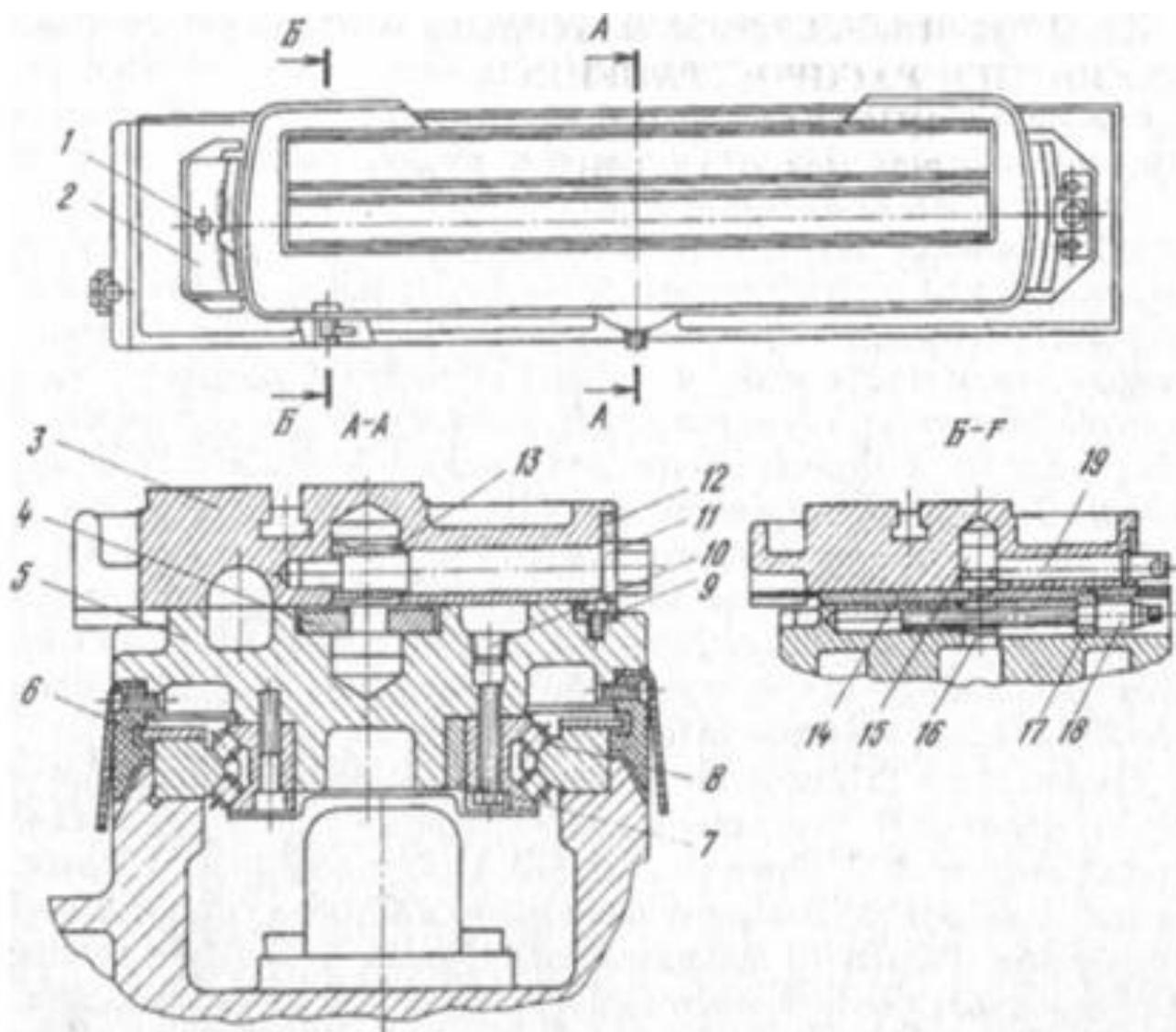


Рисунок 15.7. Узел продольного стола универсально-заточного электрохимического станка модели 3672.

15.3. ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ЗАТОЧКИ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА УНИВЕРСАЛЬНО-ЗАТОЧНЫХ СТАНКАХ.

На рисунке 15.8 приведены некоторые схемы и разновидности процесса заточки резцов. Обычно резцы затачивают вначале по задним, а затем по передним поверхностям.

Спиральные сверла затачивают по задним поверхностям торцевой поверхностью или периферией плоского шлифовального круга, используя плоскостной, конический или винтовой способ заточки и обеспечивая тем самым получение задней поверхности у сверла в форме плоскости, конической или винтовой поверхности.

На рисунке 15.8 представлена схема формообразования задней поверхности у сверла методом винтовой заточки.

Заточку зенкеров и разверток по передним и задним поверхностям зубьев калибрующей (цилиндрической) части осуществляют в центрах центровальных бабок. Переднюю поверхность прямого зуба зенкера или развертки затачивают торцевой поверхностью тарельчатого круга (рис. 15.9, а), а винтового зуба - конической поверхностью круга (рис. 15.9, б). Заточку задних поверхностей на калибрующей части выполняют торцевой поверхностью чашечного круга (рис. 15.9, в) и периферией плоского круга (рис. 15.9, г).

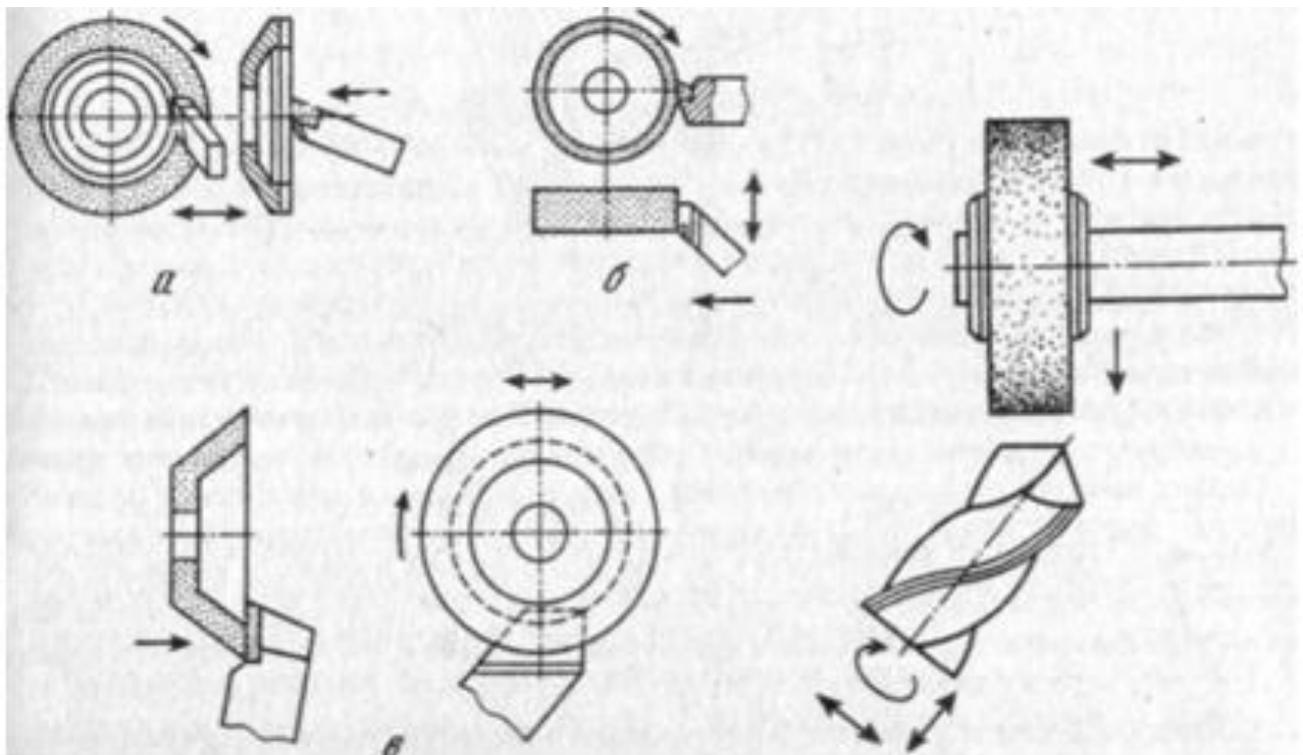


Рисунок 15.8. Схемы заточки резцов и спиральных сверл: а – по задней поверхности торцом шлифовального круга, б – по задним поверхностям периферией круга, в – по передним поверхностям торцом круга.

При заточке зубьев зенкоров и разверток используют упорку, причем при заточке прямых зубьев она крепится на столе и имеет возможность перемещения.

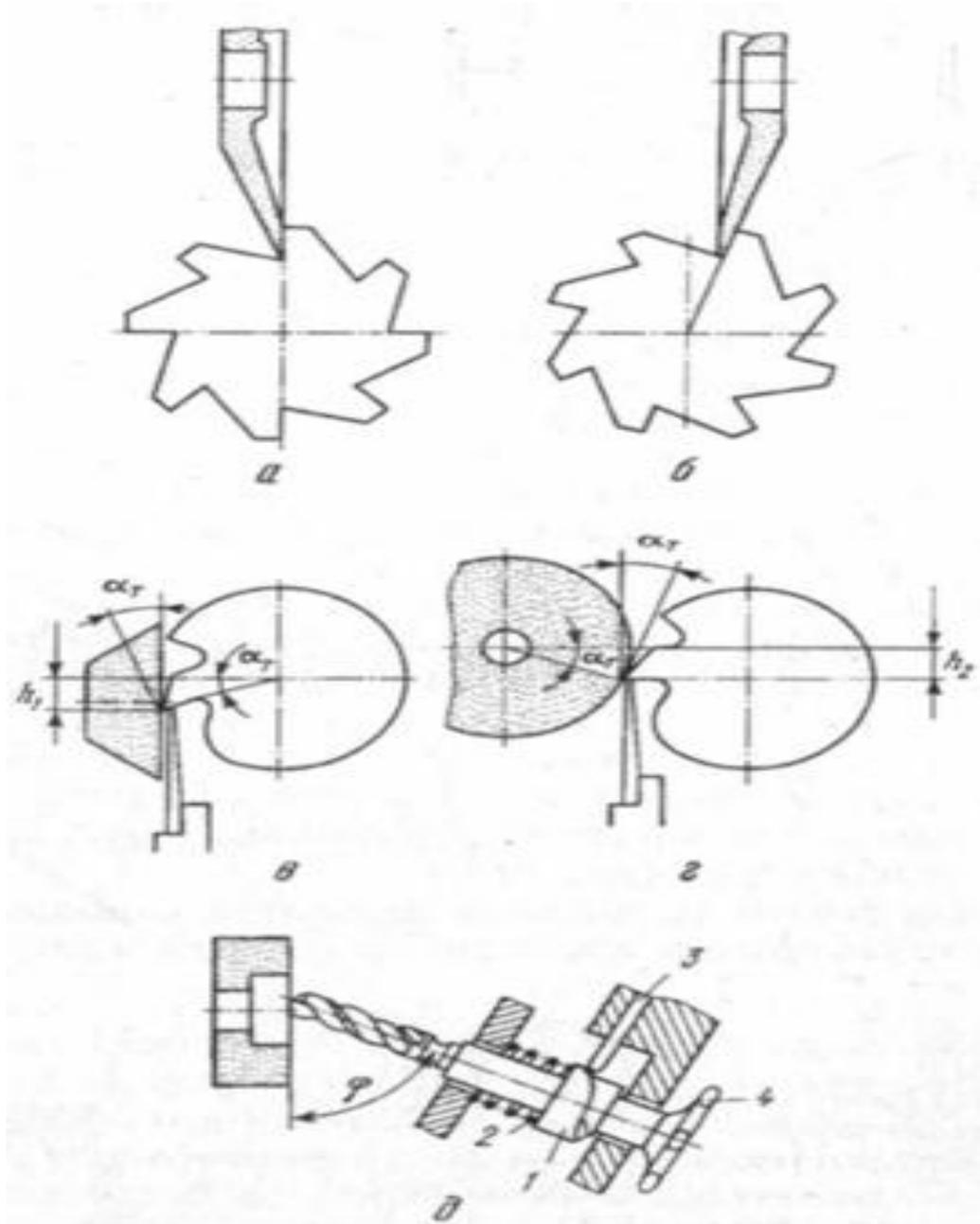


Рисунок 15.9. Схемы заточки поверхностей зубьев разверток и зенкоров: а – передних поверхностей инструмента с прямыми зубьями торцовой поверхностью тарельчатого круга, б – передних поверхностей инструмента с винтовыми или косыми зубьями конической поверхностью тарельчатого круга, в – задней поверхности на калибрующей части инструмента торцовой поверхностью чашечного круга, г - задней поверхности на калибрующей части инструмента периферией плоского круга, д – задней поверхности на режущей (заборной) части зенкера методом винтовой заточки, α_1 – задний угол в торцовом сечении, h_1 – величина установки вершины зуба относительно оси затачиваемого инструмента по схеме в, h_1 – величина смещения оси кру-

га относительно оси затачиваемого инструмента по схеме г, ф – главный угол в плане.

Заточка задних поверхностей зубьев режущей части зенкера аналогична заточке сверл. На рисунке 15.9, д представлена схема заточки задних поверхностей зубьев режущей части зенкера с помощью специального приспособления. Зенкер, установленный в гнезде кулачка 1 приспособления, совершает относительно шлифовального круга винтовое движение за счет кулачка 1, имеющего торцевую винтовую поверхность определенного шага. При повороте маховичка 4 с помощью упора 3, кулачок 1 вместе с зенкером поворачиваются и перемещаются (преодолевая пружину 2) в осевом направлении. В результате сочетания двух движений (вращательного и поступательного) задние поверхности зубьев зенкера приобретают форму винтовой поверхности.

Заточка цилиндрических, концевых, торцовых и дисковых фрез осуществляется на универсально-заточных станках с использованием центровальных бабок и универсальных или специальных головок в сочетании с универсальной упоркой или делительных механизмов.

Переднюю поверхность зубьев, расположенных на цилиндрической части фрез, затачивают тарельчатыми кругами с установкой их относительно оси фрезы с учетом величины переднего угла γ и угла наклона со затачиваемых зубьев, а также рабочей поверхности шлифовального круга. Переднюю поверхность прямых зубьев затачивают торцовой (рисунок 15.10, а, б) или конической (рисунок 15.10, в) поверхностью тарельчатого круга при продольном движении стола. Фиксация положения затачиваемых зубьев производится с помощью делительного механизма или универсальной упорки, закрепленной на столе станка и упирающуюся в заднюю поверхность затачиваемого зуба. Заточку передних поверхностей винтовых зубьев осуществляют конической (рисунок 15.10, г) или торoidalной поверхностью тарельчатого круга, а также в некоторых случаях угловой кромкой плоского круга с конической кромкой (рисунок 15.10, д). Заточка производится при продольном перемещении стола с жестким (кинематическим) или упругим (ручным или автоматическим регулированием силы прижима) поджатием фрезы к шлифовальному кругу при ее повороте для получения режущей кромки затачиваемых зубьев по винтовой линии.

Заточку задних поверхностей зубьев, расположенных на цилиндрической части фрез, осуществляют только у фрез с остро заточенными зубьями. Заточку задних поверхностей у прямых зубьев производят либо торцом чашечного конического круга (рисунок 15.11, а) с небольшим разворотом его оси в горизонтальной плоскости на угол $1...2^{\circ}$ (рисунок 15.11, а не показано) с целью устранения подреза зуба и уменьшения площади касания круга с затачиваемой поверхностью, либо периферией плоских цилиндрических кругов при перпендикулярном (рисунок 15.11, б) или параллельном (рисунок 15.11, в) расположении осей круга и фрезы.

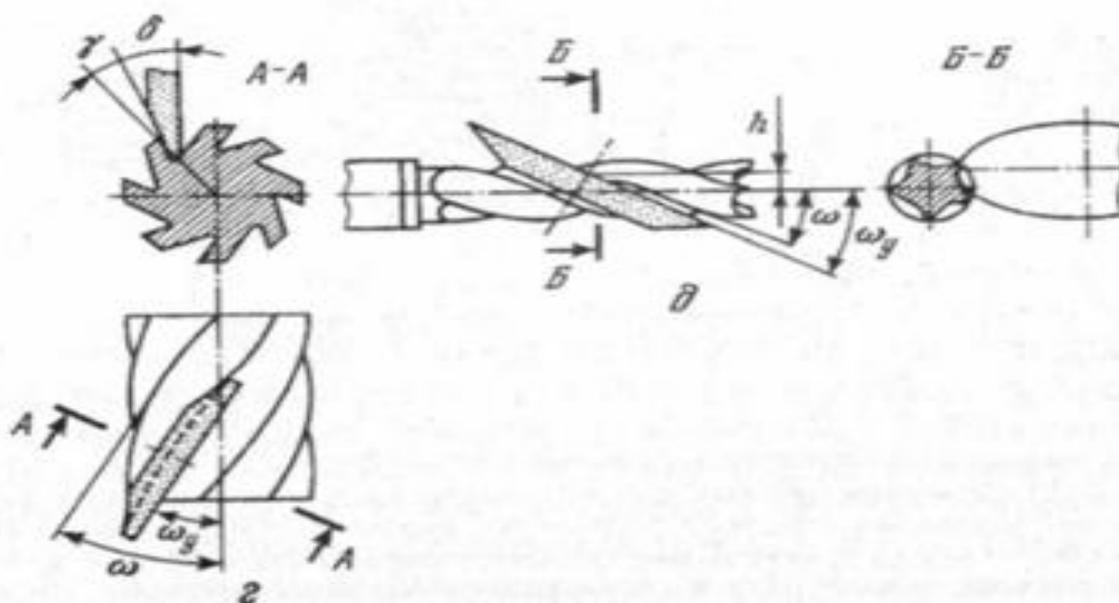
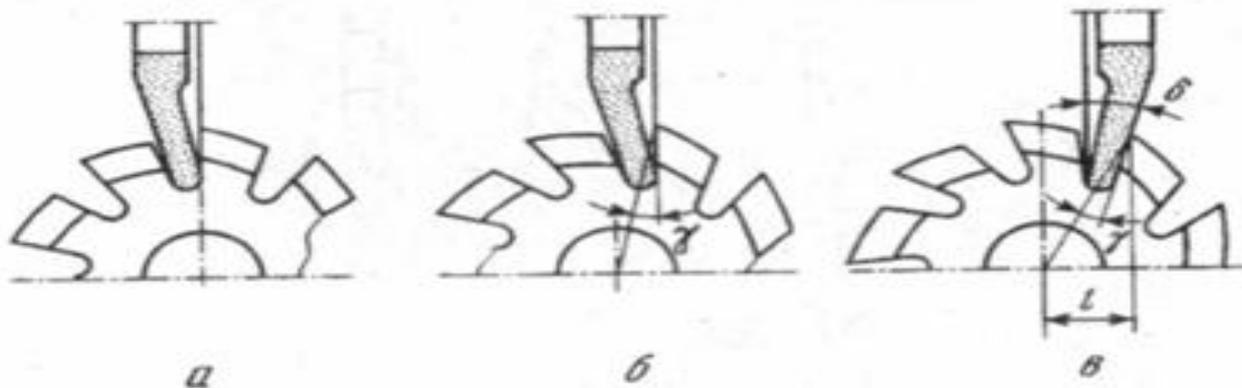


Рисунок 15.10. Схемы заточки передних поверхностей зубьев фрез.

Заточку задних поверхностей винтовых зубьев осуществляют торцом чашечного круга, повернутого вместе с шлифовальной головкой по отношению к оси фрезы (рис. 15.11, г) на угол β , зависящий от угла наклона зубьев σ_0 и их заднего угла α . Установка величины заднего угла α затачиваемых зубьев и их фиксация в процессе заточки осуществляется универсальной упоркой, в которую упирается передняя поверхность затачиваемого зуба (рис. 15.11, д). При заточке прямых зубьев упорка устанавливается на столе и перемещается вместе с ним, а при заточке винтовых зубьев упорка закрепляется на неподвижном корпусе шлифовальной головки. При продольном движении фрезы соприкасающаяся с упоркой передняя поверхность затачиваемого зуба вызывает поворот фрезы, обеспечивая тем самым получение режущей кромки зуба в форме винтовой линии.

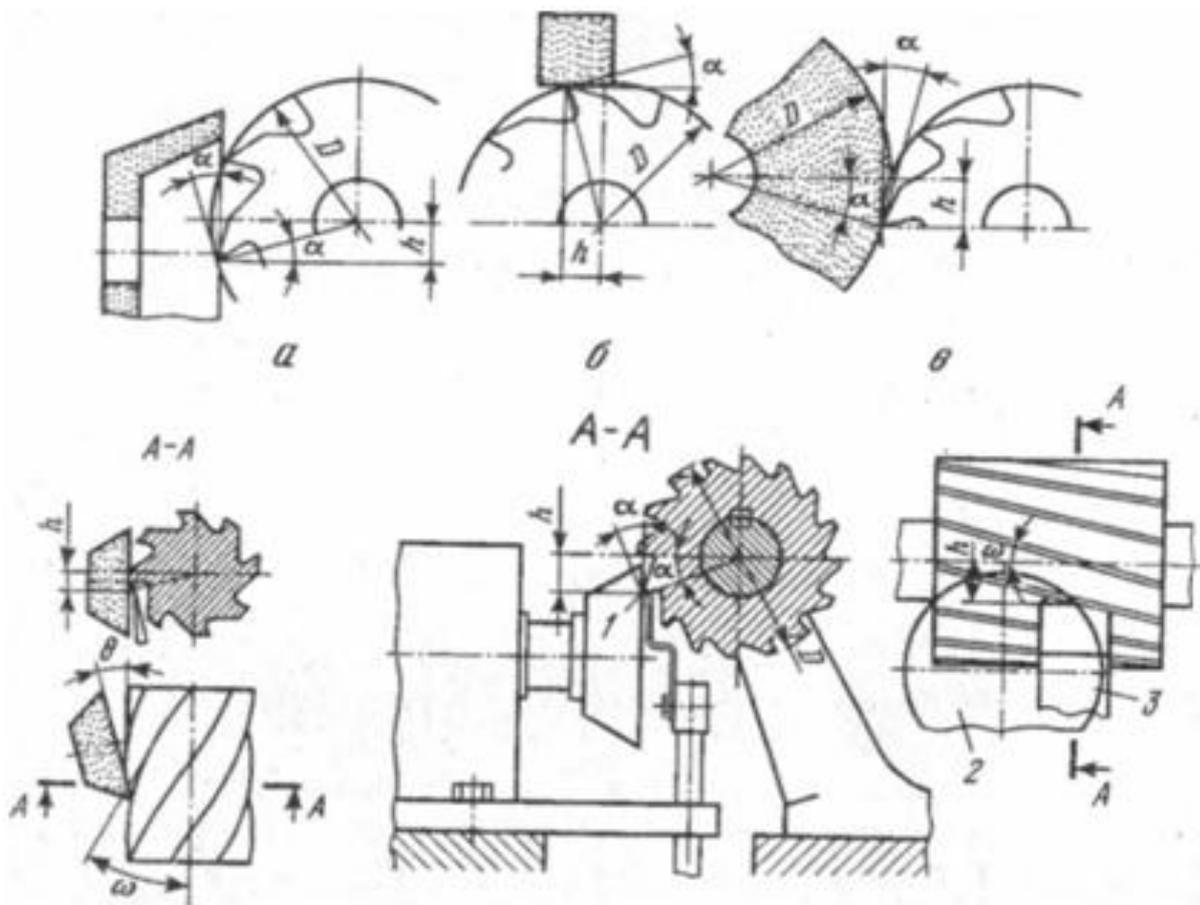


Рисунок 15.11. Схемы заточки задних поверхностей зубьев фрез.

Заточка сборных торцовых фрез (фрезерных головок) с зубьями, выполненными в виде вставных ножей и пластин, осуществляется в два этапа. Ножи и пластины затачиваются по передним поверхностям, как правило, отдельно до их установки в корпусе фрезы. Задние поверхности зубьев и фаски на их передних поверхностях затачивают уже в собранном виде на корпусе фрезы. Фрезу (фрезерную головку) устанавливают на оправку, которую закрепляют в гнезде универсальной головки, и заточку зубьев (рисунок 15.12) осуществляют обычно торцовой поверхностью чашечного круга с использованием упорки, взаимодействующей с передней поверхностью затачиваемого зуба. Совмещение затачиваемой грани зуба с рабочей плоскостью шлифовального круга осуществляют путем последовательных поворотов оси фрезы на соответствующие углы по шкалам универсальной головки. Заточку зубьев фрезы чаще ведут поэлементно, то есть вначале затачивают их главные задние поверхности, а затем последовательно вспомогательные, переходные и дополнительные поверхности и их режущие кромки.

Заточку торцовых и переходных зубьев и кромок у концевых, цельных торцовых и дисковых фрез осуществляют аналогично заточке подобных зубьев и кромок у сборных торцовых фрез с использованием универсальных головок.

Заточку метчиков производят по передним поверхностям торцовой поверхностью тарельчатого или чашечного круга, совпадающей с осевой плоскостью метчика при переднем угле $\gamma = 0^\circ$ или смещенной на величину h относительно оси метчика при $\gamma = 0^\circ$ (рис. 15.13, а). Заточку осуществляют в центрах с

заданным усилием прижима метчика к рабочей поверхности круга, а также с применением делительных дисков или упорки 1, фиксирующей положение зубьев (перьев) метчика. Заточку задних поверхностей зубьев заборной части метчика осуществляют затылованием кругами прямого профиля радиальным или осевым затылованием (рисунок 15.13, б, в), а зубьев калибрующей части -затылованием по архимедовой спирали профильными шлифовальными кругами.

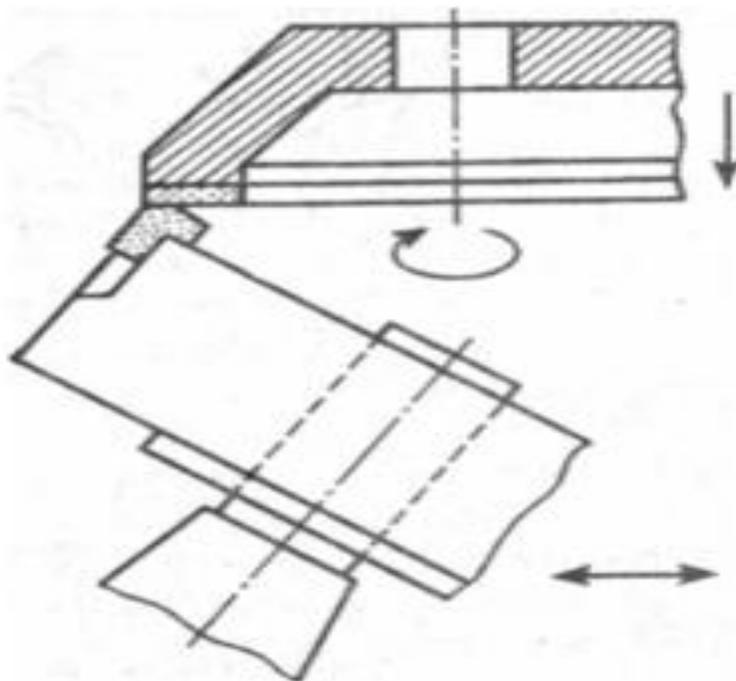


Рисунок 15.12. Схема заточки задней поверхности зубьев торцовых фрез.

На рисунке 15.13, г представлена схема механизма затылования метчиков, принцип работы которого следующий. Метчик, установленный в центрах на каретке 2, жестко связанной с рычагом 8, получает помимо согласованного с кулачком 3 вращения вокруг своей оси еще и качательное движение (на рисунке 15.13, г указано стрелками) относительно оси 1 за счет имеющихся на периферии кулачка 3 выступов, очерченных по архимедовой спирали. Это движение реализуется через систему последовательно соприкасающихся друг с другом и находящихся в силовом замыкании за счет пружины 7, элементов - упор 10, рычаг 9, сухарь 6 и рычаг 8. Получение необходимого заднего угла у зубьев метчика обеспечивается установкой с помощью рукоятки 5 сухаря 6 на рычаге 9 в таком положении, при котором расстояние от оси 4 поворота рычага 9 до сухаря 6, соответствовало бы получению требуемой величины угла.

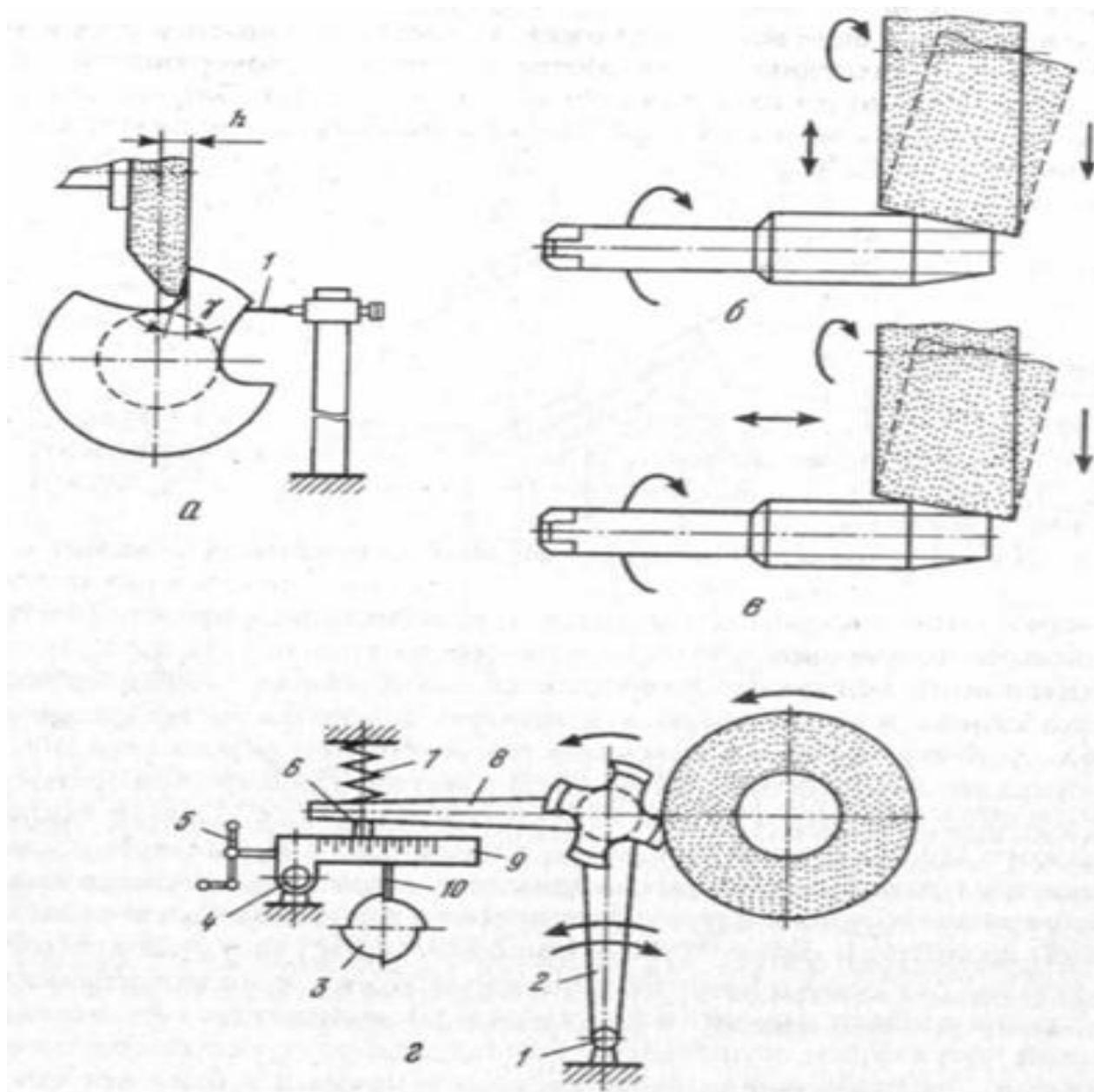


Рисунок 15.13. Схемы заточки зубьев у метчиков.

15.4. СТАНКИ ДЛЯ ЗАТОЧКИ ЗУБОРЕЗНОГО ИНСТРУМЕНТА.

Режущие элементы зубьев зуборезных инструментов изнашиваются по задним и передним поверхностям. Заточка зуборезного инструмента осуществляется как на универсально-заточных, так и специализированных станках.

Дисковые зуборезные фасонные фрезы с затылованными зубьями (рисунок 15.14, а), профиль которых соответствует профилю впадины между зубьями нарезаемого цилиндрического колеса, затачивают по передним поверхностям обычно на универсально-заточных станках на оправке в центрах торцовой поверхностью тарельчатого шлифовального круга.

Червячные зуборезные фрезы (рисунок 15.14, б) затачиваются по передним поверхностям зубьев с базированием на концевых или центровых оправках, при-

чем заточку фрез с прямыми стружечными канавками ведут торцовой поверхностью тарельчатого круга аналогично дисковым фрезам (рисунок 15.14, а), а заточку фрез с винтовыми канавками осуществляют конической поверхностью тарельчатого шлифовального круга (рисунок 15.14, б). Заточка конической поверхности круга производится способом многопроходной обработки.

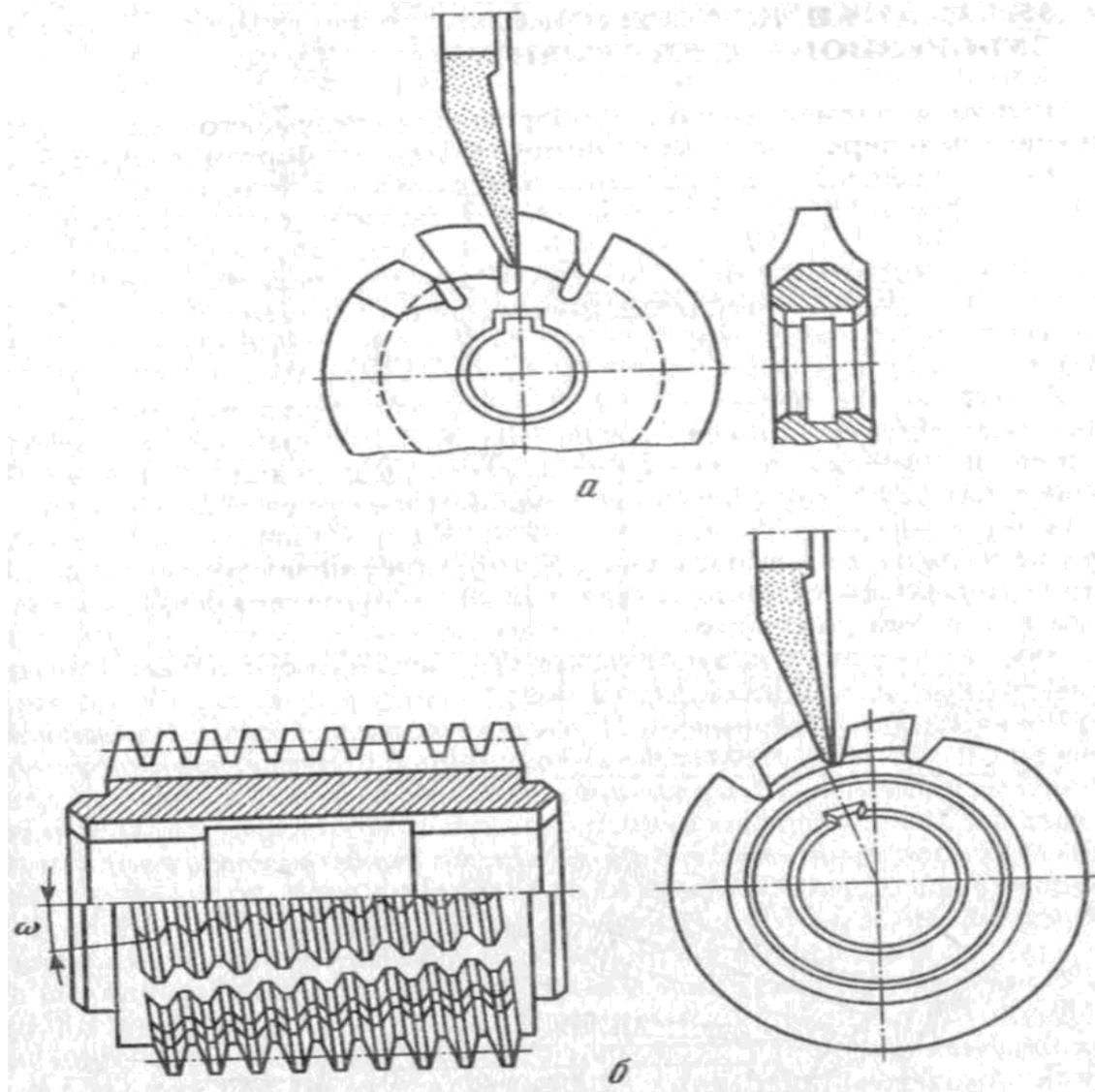


Рисунок 15.14. Схемы заточки зуборезных фрез: а – дисковых, б - червячных с винтовыми стружечными канавками.

Заточка червячных зуборезных фрез может осуществляться также на универсально-заточных станках.

Широкое применение для заточки червячных зуборезных фрез получили специализированные станки - заточные полуавтоматы. Полуавтоматы моделей ЗА660А и ЗБ662ГВ, а также ГПМ ВЗ-218Ф2РМ предназначены для заточки червячных фрез из быстрорежущей стали и твердого сплава с прямыми стружечными канавками, а также для заточки передних поверхностей других многолезвийных инструментов с прямым зубом (цилиндрические фрезы, развертки, зенкеры и др.).

Технические характеристики некоторых специализированных станков для заточки червячных фрез приведена на рисунке 15.15.

Поглинятые параметры	Модели станков			
	ЗА660А	ЗА662	3663	3664
Наибольший диаметр затачиваемого инструмента, мм	65	200	320	500
Наибольшая длина инструмента, мм	60	280	450	700
Наибольший диаметр шлифовального круга, мм	100	250	300	400
Частоты вращения шлифовального круга, мин ⁻¹	3400	1500,	1750	1420
	5000	1900	2200	1640
	8900	2100		1980
		2600		
Мощность привода шлифовального круга, кВт	0,75	1,5	2,2	3,5
Габаритные размеры станка, мм	1210	2580	3140	4500
	х680	х1440	х1500	х1900
	х1450	х1675	х1675	х1840
Масса станка, кг	1080	3700	4320	6920

Рисунок 15.15. Технические характеристики станков для заточки червячных фрез.

На рисунке 15.16 представлена кинематическая схема полуавтомата модели ЗА662 для заточки червячных зуборезных фрез точностью класса АА модулем от 0,5 до 14 мм с прямыми и винтовыми стружечными канавками. Заточку на нем производят конической поверхностью тарельчатого круга методом многопроходного шлифования.

На станине 2 располагаются поперечные салазки 3, несущие на себе неподвижную бабку изделия 14 и заднюю бабку 17, которую можно перемещать вручную по направляющим салазок при установке в центрах затачиваемых фрез 16 разной длины. Поперечные салазки 3 можно перемещать вручную в поперечном направлении при настройке станка от маховичка 1.

На задней стенке станины по плоской и П-образной направляющим в продольном направлении перемещаются шлифовальные салазки 4, осуществляющие продольную подачу при шлифовании. Перемещение шлифовальных салазок происходит от гидроцилиндра ГЦ1, шток которого неподвижно закреплен в станине, а корпус перемещается в призматических направляющих. На гидроцилиндре закреплена рейка, находящаяся в зацеплении с шестерней Z_j , сидящей на одном валу с шестерней Z_2 , которая находится в зацеплении с рейкой, закрепленной на шлифовальных салазках.

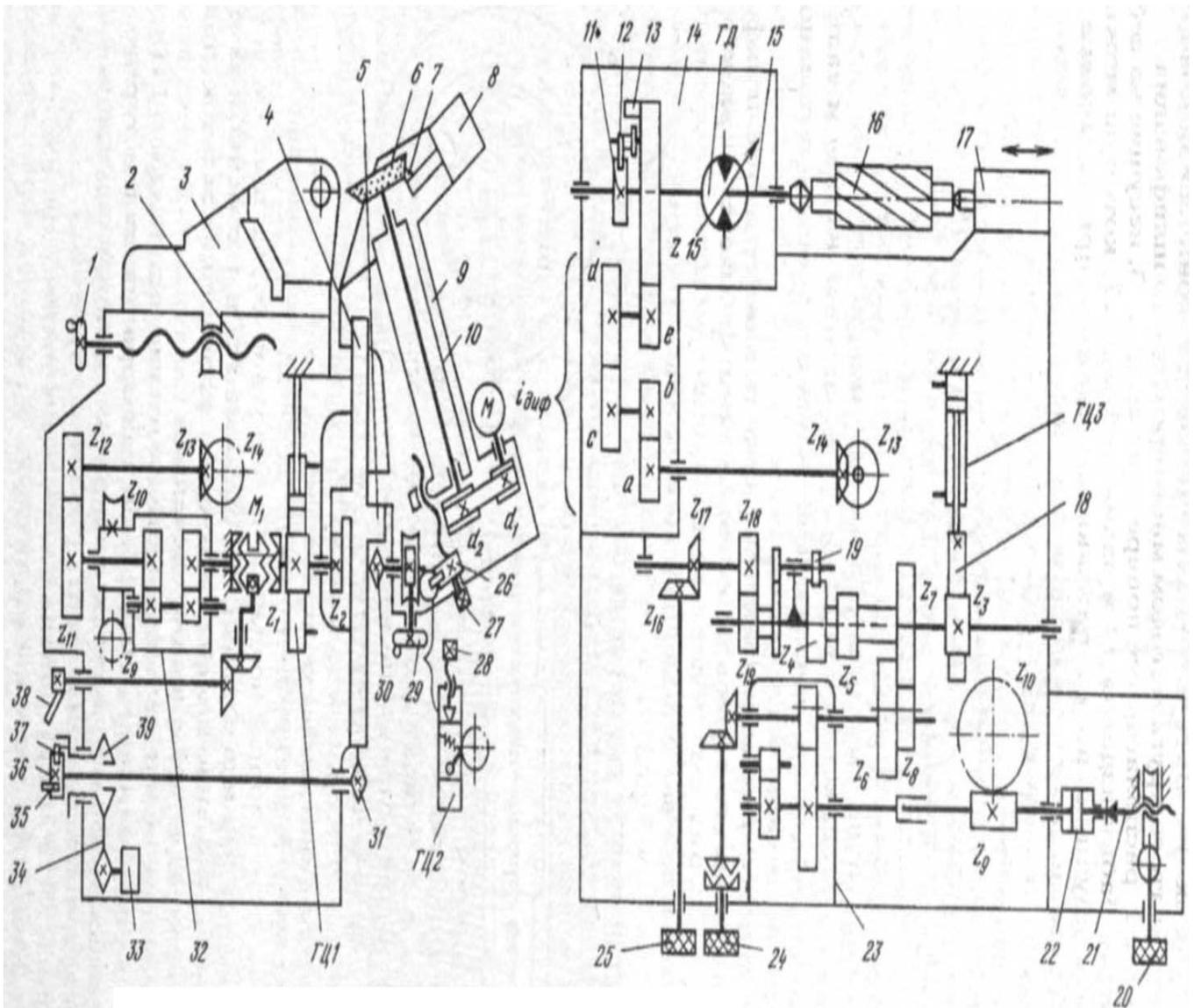


Рисунок 15.16. Кинематическая схема заточного полуавтомата модели 3А662 для заточки червячных зуборезных фрез.

На салазках установлена бабка 9 с механизмом правки 8 шлифовального круга 6 и его приводом, который осуществляется от электродвигателя М через сменные шкивы $d_1 - d_2$ ременной передачи. Шпиндель смонтирован в шлифовальной головке 10, которая перемещается вдоль своей оси (для подачи круга на алмаз 7) при правке. Перемещение может осуществляться либо вручную маховичком 27, либо гидроцилиндром ГЦ2 через храповой механизм 26. Величину подачи регулируют перемещением винта упора 28. Для установки оси шлифовального круга на угол наклона стружечных винтовых канавок у затачиваемой фрезы, шлифовальную бабку можно поворачивать в вертикальной плоскости по круговым направляющим 5 салазок вручную с помощью маховичка 29 через червячную пару и звездочку 30, обкатывающуюся по цепи, закрепленной на корпусе салазок.

Величину хода шлифовальных салазок настраивают упорами 35 на диске 36, один из которых нерегулируемый, определяющий крайнее левое положение салазок. Реверсирование хода шлифовальных салазок осуществляется перебросом зо-

лотника 33, управляющего гидроцилиндром ГЦ1. Переброс золотника происходит после воздействия одного из упоров на рычаг 37, закрепленный на ведущей звездочке 39 цепной передачи 34, передающей воздействие золотнику. Сидящие на одном валу диск с упорами и звездочка 31, находящаяся в постоянном зацеплении с цепью, закрепленной на корпусе шлифовальных салазок, получают вращение при перемещении последних.

Движение круговой подачи осуществляется гидроцилиндром ГЦ3, со штоком которого связана рейка 18. Она поворачивает шестерню Z3, сидящую на одном валу с водилом собачки 19 храпового механизма. От храпового колеса Z4, связанного с блоком зубчатых колес, через передачи Z5/Z6 или Z7/Z8 вращение передается на механизм реверса 23 и далее через червячную передачу Z9/Z10 на корпус 32 планетарного механизма. Далее вращение передается на зубчатые передачи Z11/Z12, Z13/Z14, сменные колеса a / b, c/d, e и шестерню Z15, связанную через фиксатор 12 и делительный диск 11 со шпинделем изделия 15. Величина круговой подачи регулируется подвижным блоком зубчатых колес Z6, Z8 и поворотом маховичка 25 через зубчатые передачи Z16/Z17, Z18/Z19, которые перемещают диск-щиток перекрытия зубьев храпового механизма. Ручная круговая подача осуществляется от маховичка 24.

Движение деления - поворот затачиваемой фрезы на 1/Z производится при полном выходе шлифовального круга из канавки фрезы и неподвижном положении салазок. При выходе круга из канавки в одном из крайних положений салазок подается команда на пуск гидродвигателя ГД, который поворачивает делительный диск 11 и вместе с ним фрезу до тех пор, пока фиксатор 12, выведенный из паза затылком зуба делительного диска, не западет в следующий паз и не включит конечный выключатель 13, который выдаст команду на реверс гидродвигателя. В результате реверса шпинделя рабочая поверхность зуба червячной фрезы прижмется к зубу фиксатора, установленного на шлифовальных салазках 4. Скорость движения деления регулируется дросселем.

При заточке червячных фрез с винтовыми стружечными канавками используется дифференциальная цепь, которая подключается с помощью рукоятки 38 и включением муфты М1 вправо. В этом случае фреза во время затачивания будет получать поворот в соответствии с продольным перемещением шлифовальных салазок по цепи: рейка гидроцилиндра ГЦ1 возвратно-поступательного движения, реечное колесо Z1, правое центральное колесо планетарного механизма, сателлиты, левое центральное колесо планетарного механизма 32, зубчатые передачи Z11/Z12, Z13/Z14, гитара сменных зубчатых колес a, b, c, d, e, зубчатое колесо Z15, фиксатор 12, делительный диск 11, сидящий на шпинделе 15.

Для выборки зазоров в дифференциальной цепи используется механизм осевого перемещения червяка Z9, связанного с поршнем 22. Величину перемещения червяка регулируют винтовым упором 21 с помощью червячной передачи от маховичка 20. При реверсе шлифовальных салазок производится одновременно и реверс механизма выборки зазоров в дифференциальной цепи.

Зуборезные долбяки с прямыми зубьями затачивают по передним поверхностям периферией (рисунок 15.17, а) или торцом (рисунок 15.17, б) круга на универсально-заточных станках с применением приспособления для круглого шли-

фования, на универсально-шлифовальном станке или плоскошлифовальном станке с круглым столом.

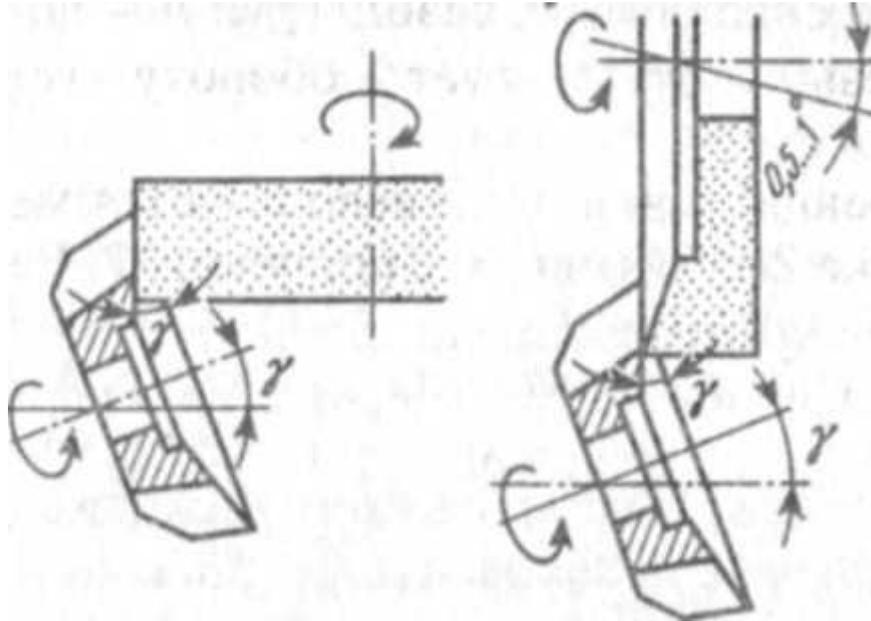


Рисунок 15.17. Схемы заточки зуборезных долбяков с прямым зубом по передней поверхности.

ГЛАВА 16. ОТРЕЗНЫЕ СТАНКИ.

16.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.

Разрезные (отрезные) станки применяются в заготовительном производстве при распиливании заготовок из стального проката различного профиля (круга, квадрата, швеллера, уголка и т.п.), листового материала, заготовок из дерева, камня. Известны станки, работающие ножовками (рисунок 16.1, а), ленточными пилами (рисунок 16.1, б) и дисковыми узкими фрезами (пилами) диаметром до 2000 мм (рисунок 16.1, в).

На ножовочных станках обрабатываются заготовки малых и средних размеров. Ножовочные полотна длиной 300...600 мм закрепляются в пильной раме, которая перемещается в горизонтальном, вертикальном или наклонном направлениях. Главное движение осуществляется от двигателя мощностью 1,5...6 кВт и обеспечивает 20-25 ходов в минуту.

Преобразование вращения в возвратно-поступательное перемещение рамы с пилой осуществляется кривошипным механизмом или эксцентриком, причем рама совершает движение по пространственной кривой или дуге окружности. Движение подачи осуществляется, как правило, качанием рамы вокруг цапфы.

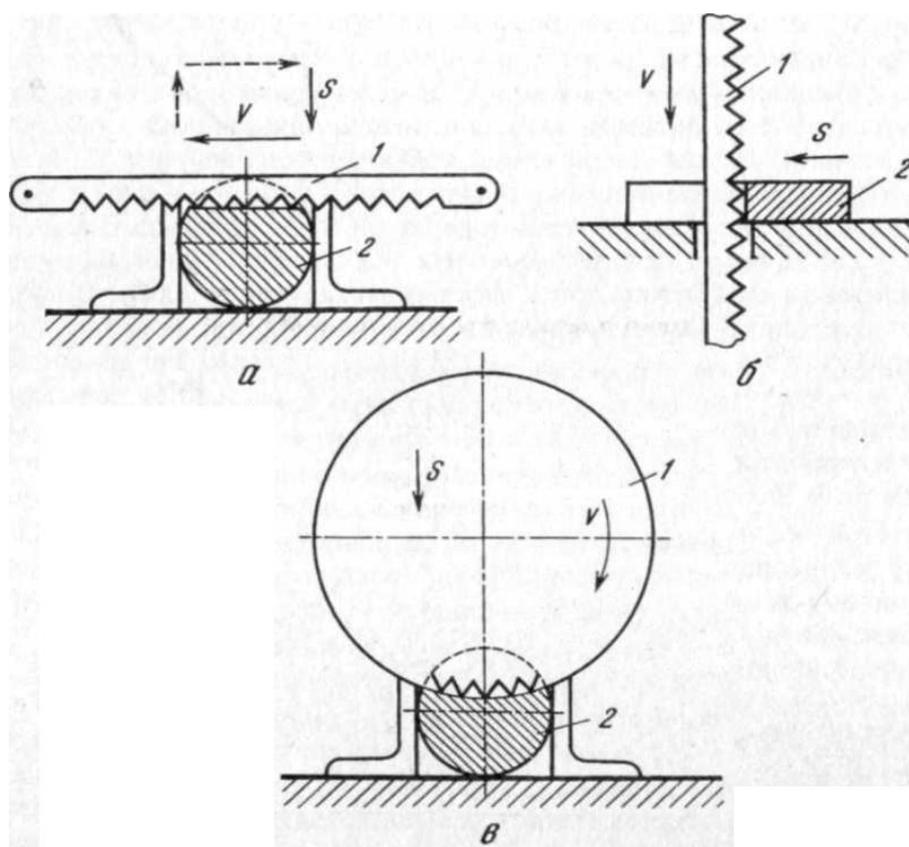


Рисунок 16.1. Схема обработки заготовок на отрезных станках: 1 – инструмент, 2 – заготовка.

Ленточно-пильные станки работают по непрерывному методу и обеспечивают большую производительность. Ленточная пила может перемещаться в вертикальном (инструментальные станки) и горизонтальном (станки для заготовительных операций) направлениях. Непрерывно работающая пила приводится асинхронным двигателем мощностью 2...11 кВт и с помощью устройства регулирования частоты вращения устанавливают скорость резания - 20... 100 м/мин. В качестве инструмента применяют сварные бесконечные ленты длиной 3500.. .6000 мм, толщиной 0,4... 1,2 мм и шириной 4-52 мм.

Наиболее распространены станки, работающие узкими (шириной 0,5...10 мм) дисковыми пилами, которые могут выполняться как из быстрорежа, так и твердого сплава. Скорость резания может достигать от 200 до 1500 м/мин.

На рис. 16.2 показан общий вид, а на рис. 16.3 - кинематическая схема станка с диаметром пилы 630 мм.

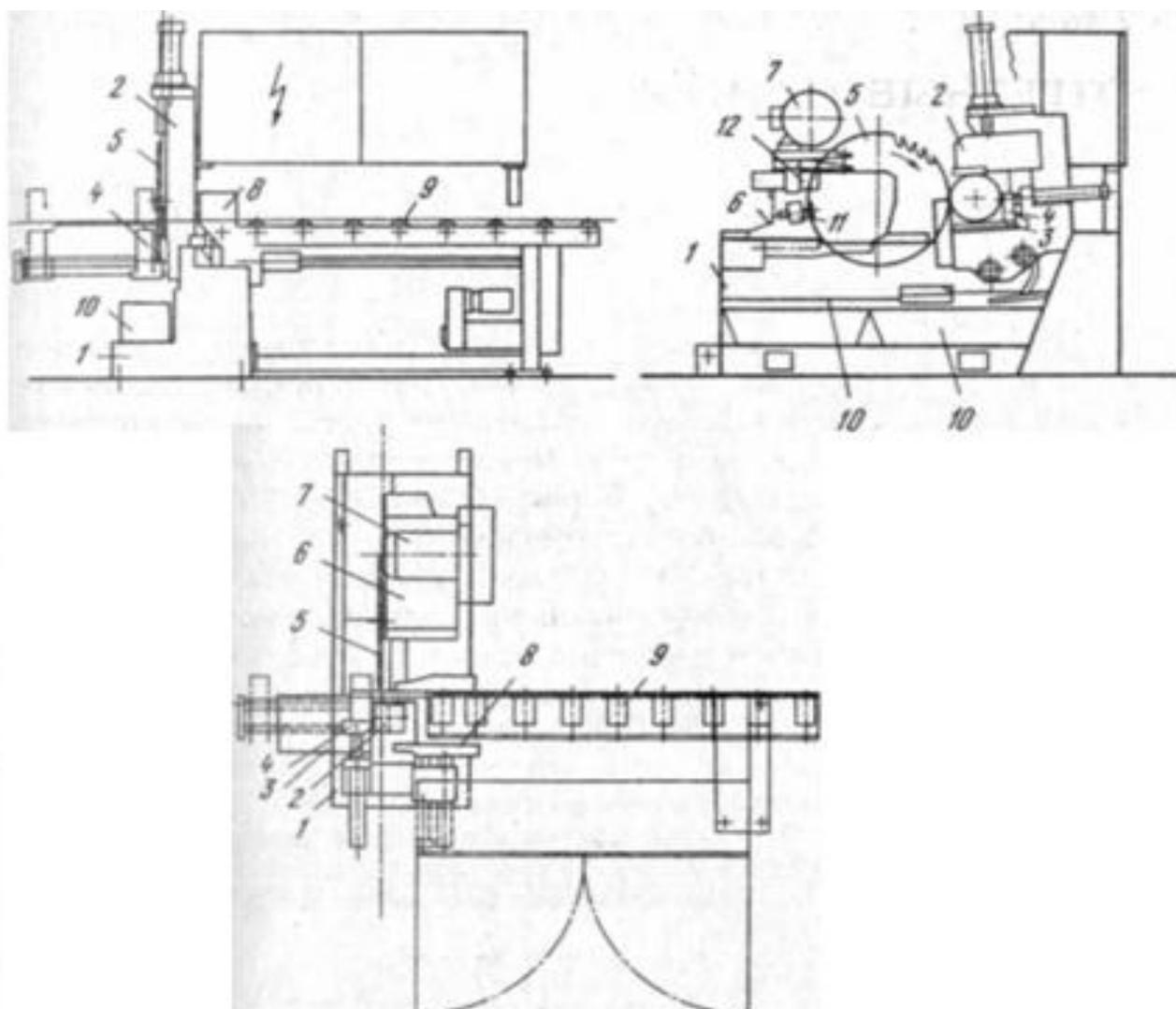


Рисунок 16.2. Общий вид станка, работающего дисковой пилой: 1 - станина, 2-4 - устройства для зажима заготовок в вертикальной и горизонтальной плоскостях; 3 - плита для размещения отрезанного материала; 5 - пила; 6 - салазки, осуществляющие движение подачи; 7 - главный привод; 8 - рейфер

подачи заготовок; 9 - рольганг для перемещения пруткового материала; 10 - сборник стружки; 11 - щетки для очистки пилы от стружки; 12 - стабилизатор для предохранения пилы от колебаний.

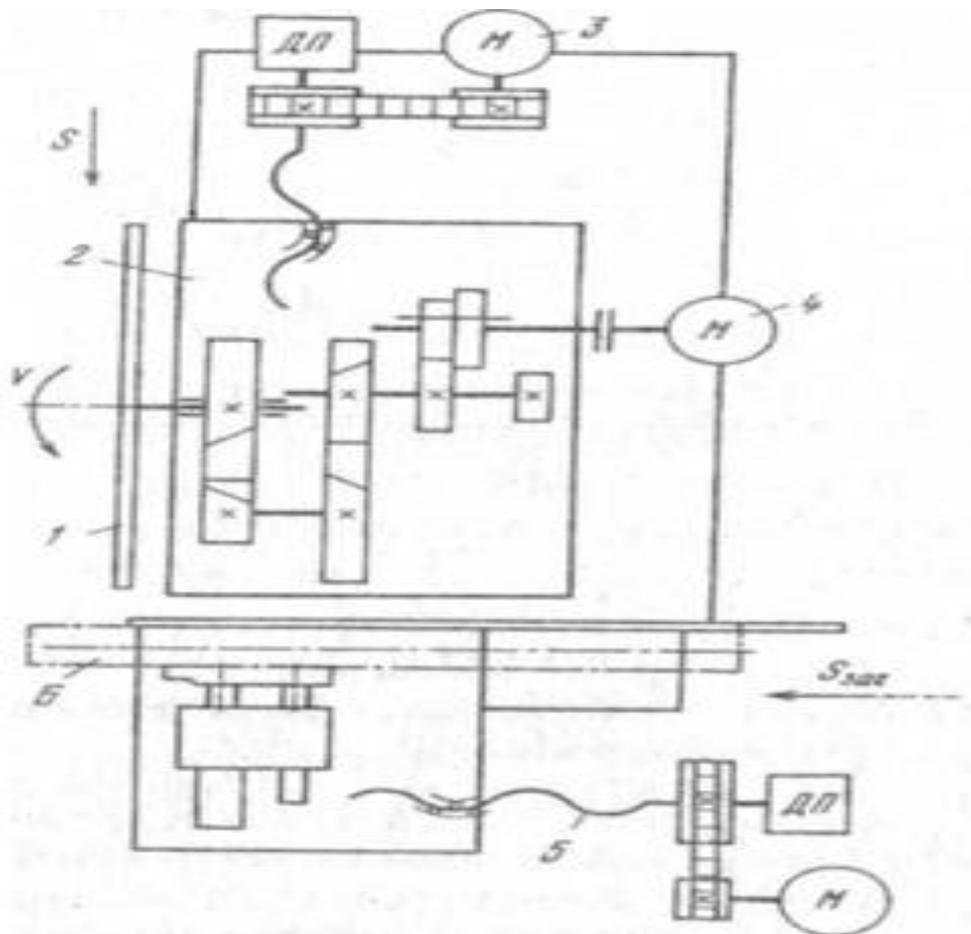


Рисунок 16.3. Кинематическая схема отрезного станка, работающего дисковой пилой: 1 – пила, 2 – коробка скоростей, 3 – привод радиальной подачи фрезы, 4 – электродвигатель главного движения, 5 – привод подачи заготовки, 6 - заготовка, V – скорость резания, S – рабочая подача, $S_{заг}$ – подача заготовки, ДП – датчик положения.

На рисунке 16.4 показана схема главного привода. От электродвигателя 1 постоянного тока вращение через клиноременную передачу передается на коробку скоростей 2 и далее на дисковую пилу 6. Для предохранения привода от перегрузки связь шкива 5 с входным валом 4 коробки скоростей осуществляется через фрикционную предохранительную муфту 3.

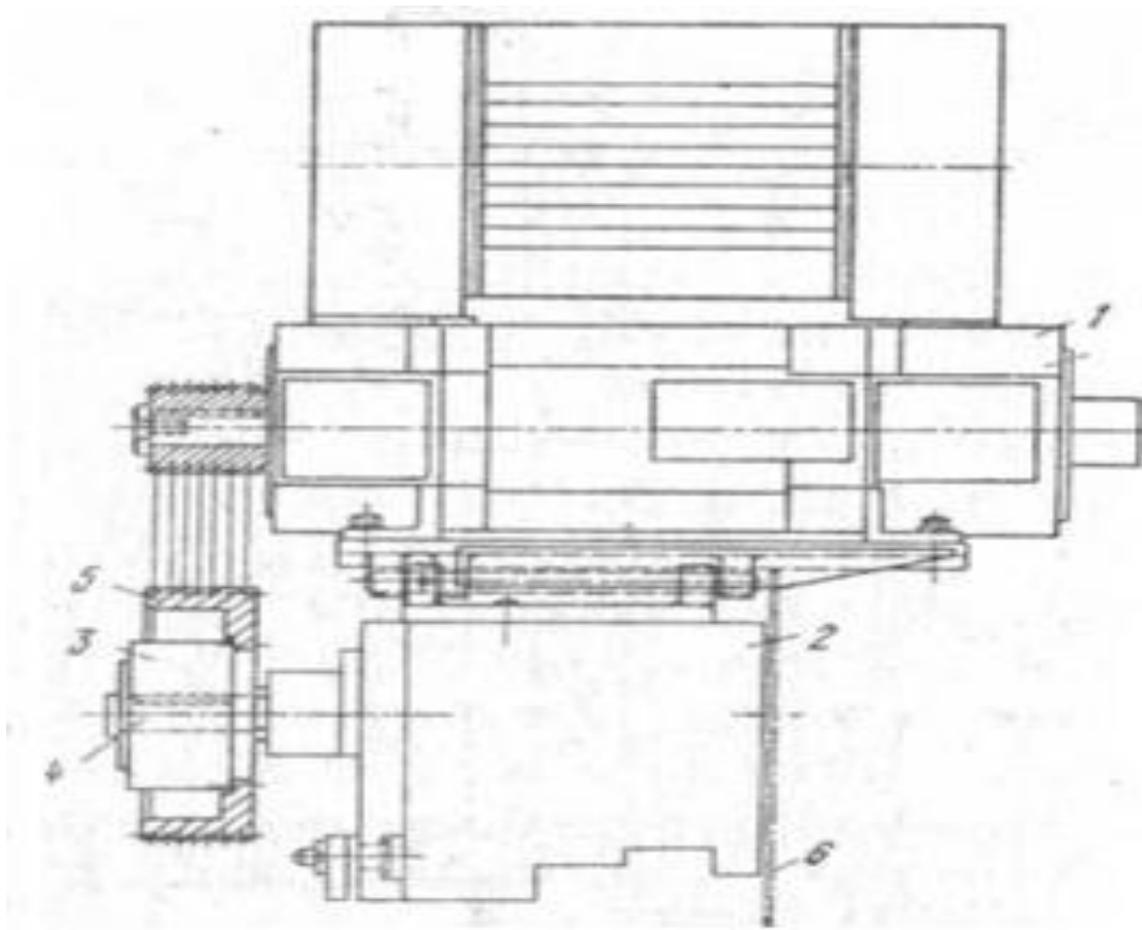


Рисунок 16.4. Схема главного привода.

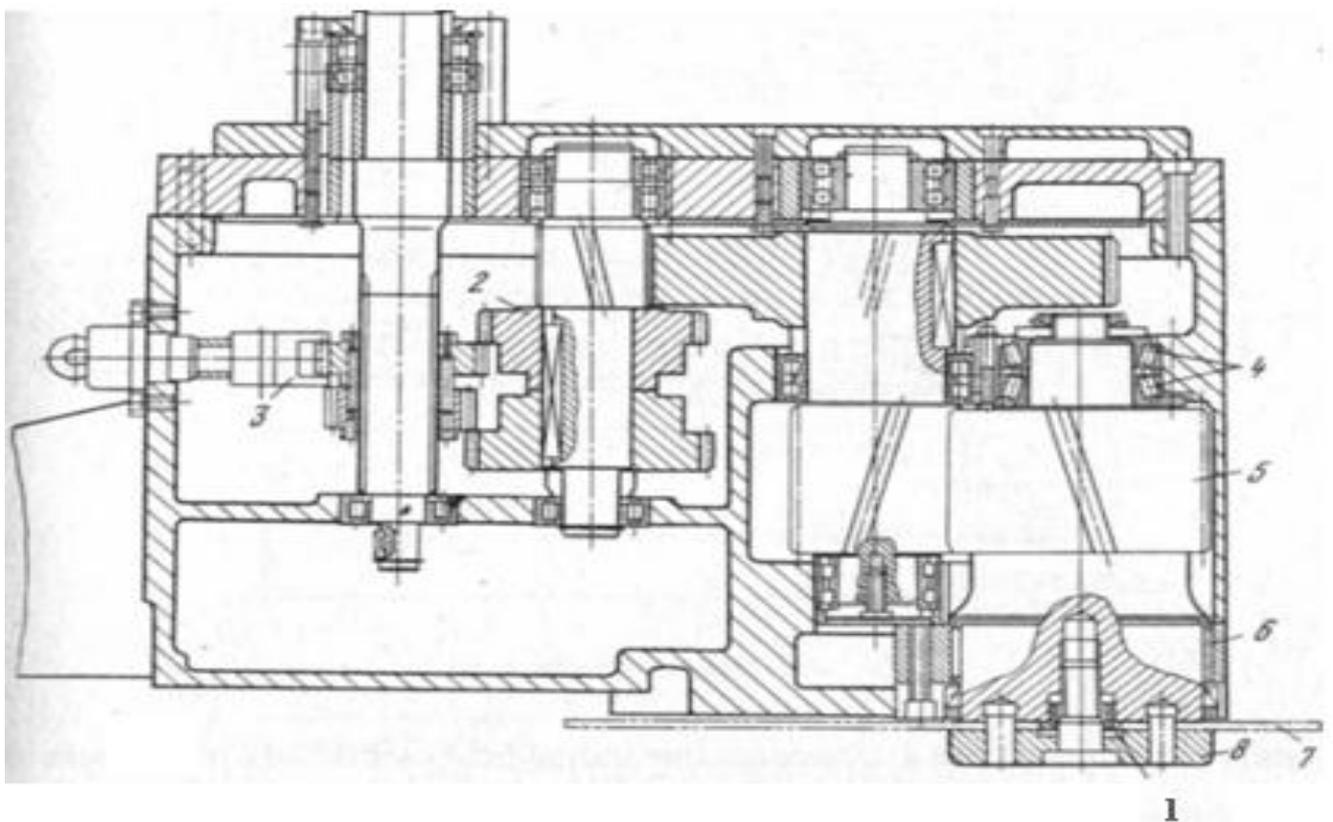


Рисунок 16.5. Коробка скоростей.

Конструкция двухступенчатой коробки скоростей приведена на рисунке 16.5. С входного вала 1 вращение передается на одно из колес зубчатого блока 2, который переключается вилкой 3 вручную (для выбора соответствующего диапазона частот) и далее на шпиндель 5 через косозубые зубчатые передачи (используют на отдельных станках также червячные передачи). Радиальная составляющая усилия резания воспринимается жестким игольчатым подшипником 6 и коническими роликоподшипниками 4. Закрепление пилы 7 осуществляется зажимным фланцем 8, центрирующимся на втулке 9.

Привод подачи дисковой пилы (рисунок 16.6) должен обеспечить равномерную подачу (для одинакового нагружения зубьев фрезы) и быстрый отвод. Поэтому в последнее время традиционно применяемый гидропривод заменяется приводом постоянного тока.

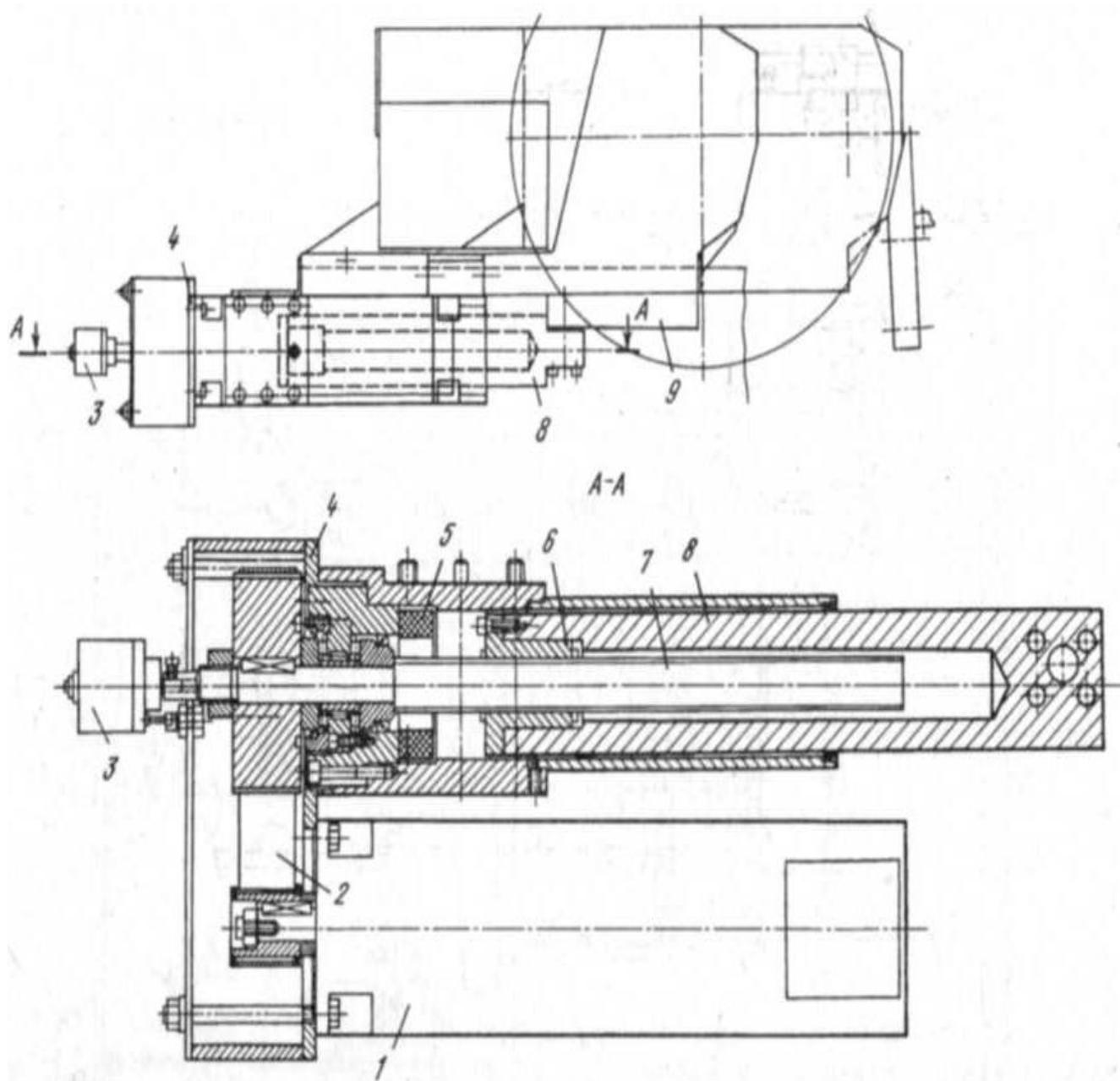


Рисунок 16.6. Привод подачи пилы.

Вращение от высокомоментного двигателя 1 через зубчатый ремень 2 передается на шариковый винт 7 и гайку 6. Гайка 6 привернута к трубке 8, а та в свою очередь, к перемещаемым салазкам 9. Корпус 4 привода подачи закреплен на станине станка. Контроль величины перемещения производится вращающимся датчиком 3. Для предохранения шариковой винтовой передачи от повреждения при ускоренном ходе салазков назад и несвоевременном срабатывании конечных выключателей предусмотрен резиновый амортизатор 5.

На рисунке 16.7 показан *привод подачи прутков*. Заготовка на направляющем столе по роликам 1 транспортируется к захвату грейфера 2. Оси роликов наклонены на угол 5° к горизонтали, чтобы пруток прижимался к упору 7 (рисунок 16.8) при перемещении. Захватные и досылочные устройства служат для подачи заготовки в зону резания, автоматического установления длины отрезания. Привод захватного устройства состоит из зажимных клещей 5 (рисунок 16.8), которые с помощью гидроцилиндра 6 прижимают пруток к упору 3. Во время резания грейфер с освобожденными клещами возвращается назад, при этом упор 3 поворачивается и грейфер при возврате не касается заготовки. Перемещение грейфера осуществляется электродвигателем 3 (см. рисунок 16.7), передающим вращение через ремень 4 на шариковый винт 6. Контроль перемещения осуществляется датчиком 5.

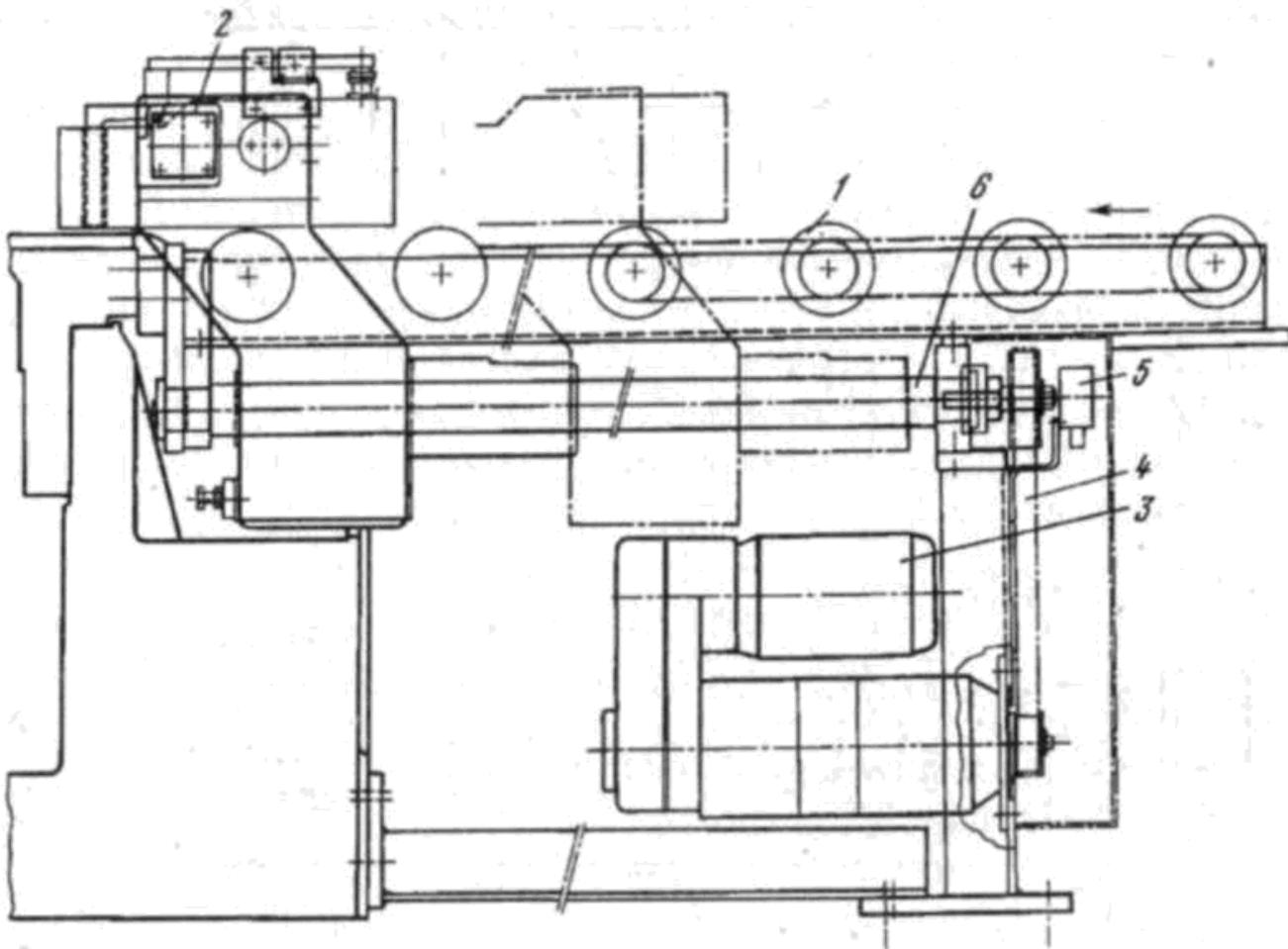


Рисунок 16.7. Привод подачи заготовки.

Механизм подачи прутков перемещается в цилиндрических направляющих скольжения 1 и 8 (рисунок 16.8), между которыми установлен шариковый винт 4. Также в цилиндрической направляющей 7 происходит перемещение грейфера 5 от гидроцилиндра 6. Фиксирование упора 3 производится гидроцилиндром (на схеме не показан) через клиновый механизм 2.

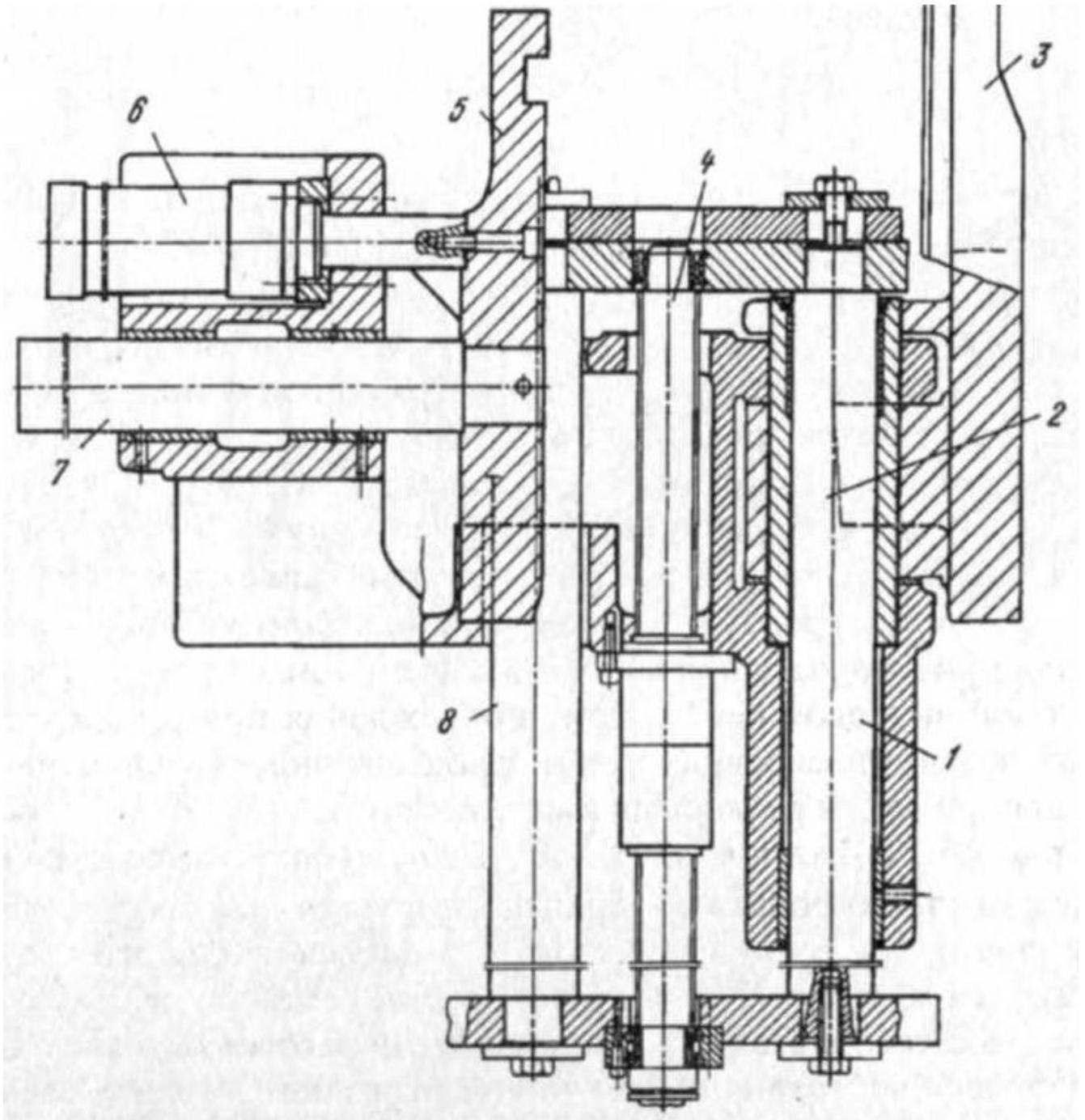


Рисунок 16.8. Направляющие механизмы подачи заготовок.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 11. СТАНКИ ДЛЯ ОБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ (ШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ)	3
11.1 Общие сведения.	3
11.2. Компоновки и конструкции шлифовальных станков.	11
11.2.1. Плоскошлифовальные станки.	11
11.2.2. Круглошлифовальные станки.	19
11.2.3. Бесцентрово-шлифовальные станки.	26
11.2.4. Внутришлифовальные станки	34
ГЛАВА 12. РЕЗЬБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ.	41
12.1. Общие сведения.	41
12.2. Резьбонакатные станки.	41
12.3. Станки для нарезания резьбы резцами и резьбонарезными головками.	43
12.4. Станки для нарезания резьбы метчиками.	47
12.5. Резьбофрезерные станки.	50
12.6. Резьбошлифовальные станки.	52
ГЛАВА 13. ЗУБООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КОЛЕС.	59
13.1. Станки для обработки зубчатых колес лезвийным инструментом. ... 59	
13.1.1. Резьбофрезерные станки.	63
13.1.2. Резьбодолбежные станки	73
13.1.3. Станки для чистовой обработки зубчатых колес.	79
13.1.4. Особенности зубообрабатывающих станков с чпу	84
13.2. Зубошлифовальные станки.	89
13.2.1. Зубошлифовальные станки, работающие абразивным червячным кругом	92
ГЛАВА 14. ЗАТЫЛОВОЧНЫЕ СТАНКИ.	95
14.1. Общие сведения.	95

ГЛАВА 15. ЗАТОЧНЫЕ СТАНКИ.....	103
15.1. Общие сведения.	103
15.2. Универсально-заточные станки.....	104
15.3. Основные схемы заточки наиболее распространенного режущего инструмента на универсально- заточных станках.	112
15.4. Станки для заточки зуборезного инструмента.	118
ГЛАВА 16. ОТРЕЗНЫЕ СТАНКИ.....	124
16.1. Общие сведения.	124
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	131

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Станочное оборудование автоматизированного производства. В.В. Бушув. Т.1. - М.: Изд-во «Станкин», 1993. 584 с.
2. Станочное оборудование автоматизированного производства. В.В. Бушув. Т.2. - М.: Изд-во «Станкин», 1993. 578 с.

Учебное издание

Некравцев Евгений Николаевич
Будник Александр Павлович
Чашников Александр Михайлович

КОНСТРУКЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ
ОБОРУДОВАНИЕМ:

Часть 3

В авторской редакции

Подписано к изданию 20.12.2022.
Уч.-изд. л. 15,3.

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»
394026 Воронеж, Московский просп., 14