

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ
ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА БКЗ10.

НАЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ
КОСОЗУБОГО КОЛЕСА

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний

Куйбышев 1984

УДК 621.9.06(076.5)

В методических указаниях показаны принцип работы зубофрезерного станка БКЗТ0, его техническая характеристика, основные части, узлы, механизмы и рабочие органы, их приводы. Изложена методика наладки станка при нарезании цилиндрического косозубого колеса.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения станка и выполнения лабораторной работы студентами дневного и вечернего отделений специальностей 0535, 0537, 0538, 0539 по курсам "Резание, станки и инструменты" и "Металлорежущие станки".

Составитель К.Ф. Митряев

Рецензенты: д.т.н. профессор М.К. Клебанов,
д.т.н. профессор Б.А. Кравченко

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 5К310

НАЛАДКА СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ КОСОЗУБОГО КОЛЕСА

Ц е л ь р а б о т ы: изучить принцип действия, основные части, конструктивные узлы и элементы, кинематику и гидравлику зубофрезерного станка 5К310, его наладку при нарезании цилиндрических и червячных колес червячными фрезами; ознакомиться с приводными устройствами и органами управления.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Ознакомиться с основными частями станка, рабочими органами и органами управления.
2. Детально изучить конструкцию, кинематику и механизмы станка.
3. Выполнить расчеты, связанные с настройкой станка по заданию преподавателя и произвести наладку.
4. После проверки наладки станка преподавателем или учебным мастером произвести нарезание зубчатого колеса.
5. Предъявить преподавателю нарезанное зубчатое колесо и результаты его обмера.
6. Произвести уборку станка.
7. Составить отчет по работе.

НАЗНАЧЕНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

Зубофрезерный станок 5К310 предназначен для нарезания прямозубых и косозубых цилиндрических колес внешнего зацепления, а также червячных колес способом радиальной подачи. Нарезание производится червячной модульной фрезой по методу обкатки в полуавтоматическом цикле.

На рис. I показаны схема установки фрезы относительно заготовки и основные движения при нарезании косозубого колеса:

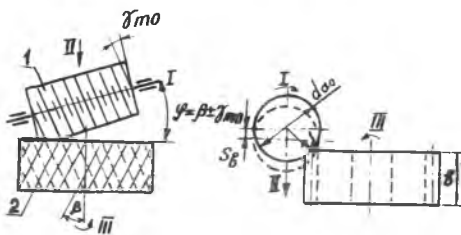
1. Брашательное (главное) движение фрезы, закрепленной в шпинделе,

с заданной скоростью резания V , м/с, по которой определяется частота вращения, об/мин:

$$n_{\text{ф}} = \frac{1000V}{\pi d_{\text{ао}}} 60, \quad (I)$$

где $d_{\text{ао}}$ - наружный диаметр фрезы, мм.

2. Поступательное перемещение фрезы вдоль оси заготовки - движение подачи S мм/об.заг. Подача может быть направлена вниз (при встречном фрезеровании) и вверх (при попутном). Величина подачи выбирается в зависимости от требуемой шероховатости поверхности и точности обработки.



Р и с. 1. Схема установки фрезы относительно заготовки и основные движения при нарезании косозубого колеса

3. Вращение заготовки, строго согласованное с вращением фрезы и рассчитанное из условия обкатки

$$n_3 = \frac{Z_{\text{зак}}}{Z} n_{\text{ф}}, \quad (2)$$

где $Z_{\text{зак}}$ - число заходов фрезы;

Z - число зубьев нарезаемого колеса.

При нарезании косозубых колес к основному вращению заготовки из условия (2) добавляется дополнительное, в зависимости от шага спирали, ее направления и величины подачи.

Фреза устанавливается таким образом, чтобы направление движения режущих зубьев, расположенных по винтовой спирали, совпадало с направлением зубьев нарезаемого колеса. Для этого ось фрезы относительно торца колеса поворачивается на угол

$$\varphi = \beta \pm \gamma_{\text{м}0}, \quad (3)$$

где $\gamma_{\text{м}0}$ - угол подъема витков фрезы;

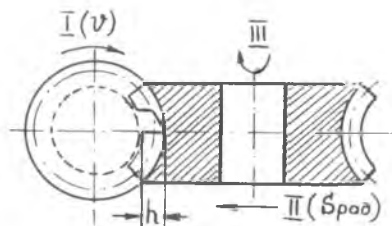
β - угол наклона линии зуба нарезаемого колеса.

Знак "-" относится к одноименным спиральям фрезы и колеса, знак "+" - к разноименным (спираль фрезы - правая, колеса - левая и наоборот).

При нарезании червячного колеса применяется специальная фреза

с параметрами, соответствующими червяку, с которым будет работать в паре нарезаемое колесо по d_{mo} , $Z_{зох}$, γ_{mo} , m , α_o , h_o . Фреза устанавливается горизонтально ($\varphi = 0$) и симметрично по высоте заготовки (рис.2). Движения n_ϕ и n_3 выбираются и настраиваются так же, как и в предыдущем случае, а вместо вертикальной подачи используется горизонтальная (радиальная), сообщаемая заготовке. Подача автоматически выключается после врезания фрезы в заготовку на высоту зуба h_o .

Наклон зуба на колесе обеспечивается за счет подъема витков спирали червячной фрезы.



На рис.3 (вкладка) приведен общий вид зубофрезерного станка 5к310, на рис.4 и 9 (вкладки) - его кинематическая и гидравлическая схемы. Р и с. 2. Схема установки специальной фрезы при нарезании червячного колеса

Техническая характеристика станка

| | |
|--|----------------|
| Наибольший диаметр и модуль нарезаемого колеса, мм | 200; 4 |
| Наибольший наклон зубьев нарезаемого колеса | 60° |
| Наибольший диаметр и длина фрезы, мм | 125; 125 |
| Наибольший вертикальный ход суппорта, мм | 360 |
| Степень точности обработки по ГОСТ 1643-72 | 7 |
| Пределы частот оборотов шпинделя, об/мин; число ступеней | 63-400; 9 |
| Пределы подачи, мм/об заг; число ступеней: | |
| продольной | 0,63-4,0; 9 |
| радиальной | 0,31-2,0; 9 |
| Ускоренное перемещение каретки суппорта, мм/мин | 420 |
| Ускоренное перемещение стола, мм/мин | 210 |
| Мощность главного электродвигателя, кВт | 4,0 |
| Габариты станка (L x B x H), мм | 2000x1300x2040 |
| Масса, кг | 4000 |

Основные части и узлы станка

Главной частью станка (см. рис. 3, вкладка) является чугунная станина А коробчатой формы. Внутри станины размещаются механизмы электропривода и гидропривода, электронасос и резервуар для СОЖ. На станине установлена передняя стойка В, по вертикальным направляющим которой перемещаются салазки Е с поворотным суппортом Ж и шпинделем. В шпинделе на оправке устанавливается червячная фреза. Переключение скоростей шпинделя осуществляется рукоятками I. Вертикальная подача суппорта включается рукояткой 3, ручное перемещение осуществляется от квадрата 2, переключение подач — рукоятками 5. На горизонтальных направляющих станины А установлены салазки и с вращающимся столом 3 и оправкой, на которой устанавливается заготовка I8. Салазки перемещаются в радиальном направлении с помощью винтовой пары автоматически или вручную от рукоятки 20. На салазках также устанавливается задняя стойка К с контроподдержкой Л и коническим центром для повышения жесткости оправки. Контроподдержка перемещается с помощью гидросистемы включением рукоятки I9.

Рабочие и вспомогательные движения (быстрый подвод инструмента к заготовке, подвод стола с заготовкой и фрезы в радиальном направлении и отвод в исходное положение, зубонарезание и остановка станка) осуществляются автоматически и управляются системой переставных упоров и конечных выключателей. Управление движениями производится с пульта Г. Назначение рукояток и кнопок пульта обозначено в подписи под рис. 3 (вкладка).

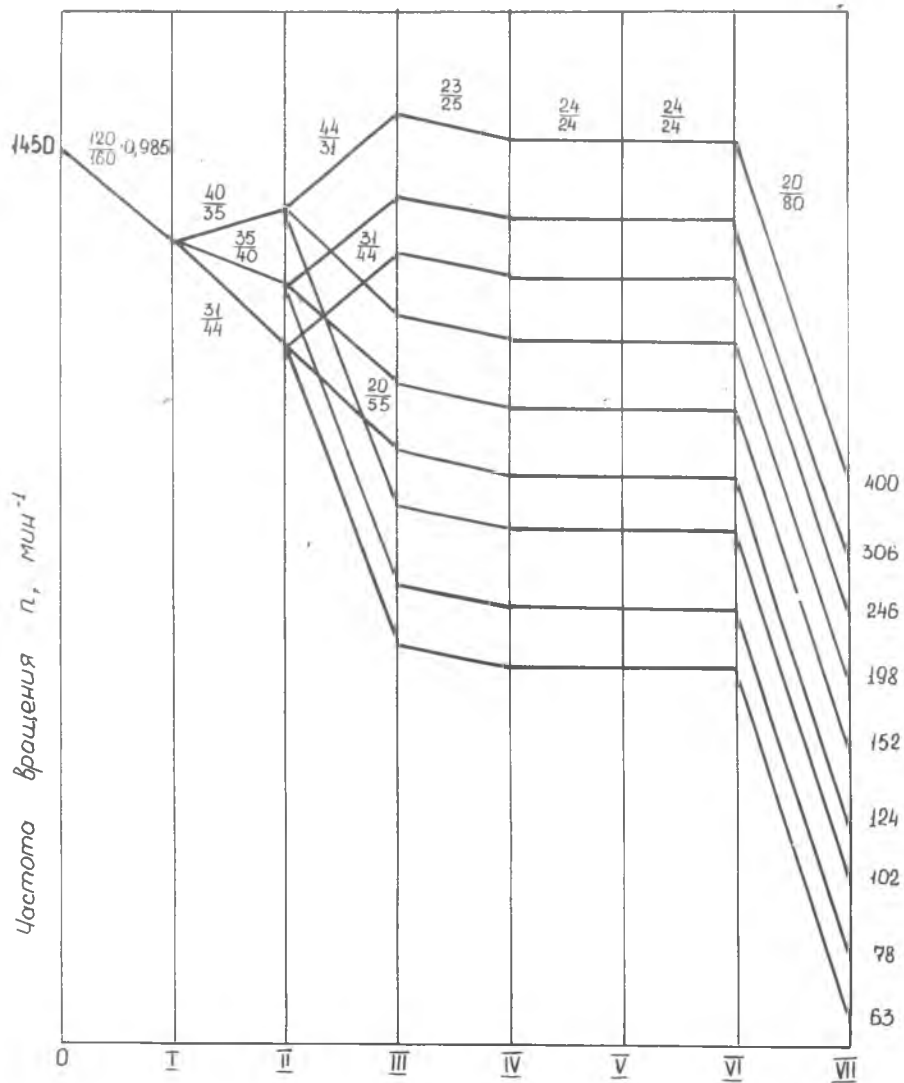
Механизм главного движения

Червячная фреза получает вращение от главного электродвигателя ЭД1 мощностью 4 кВт по кинематической цепи (см. рис. 4):

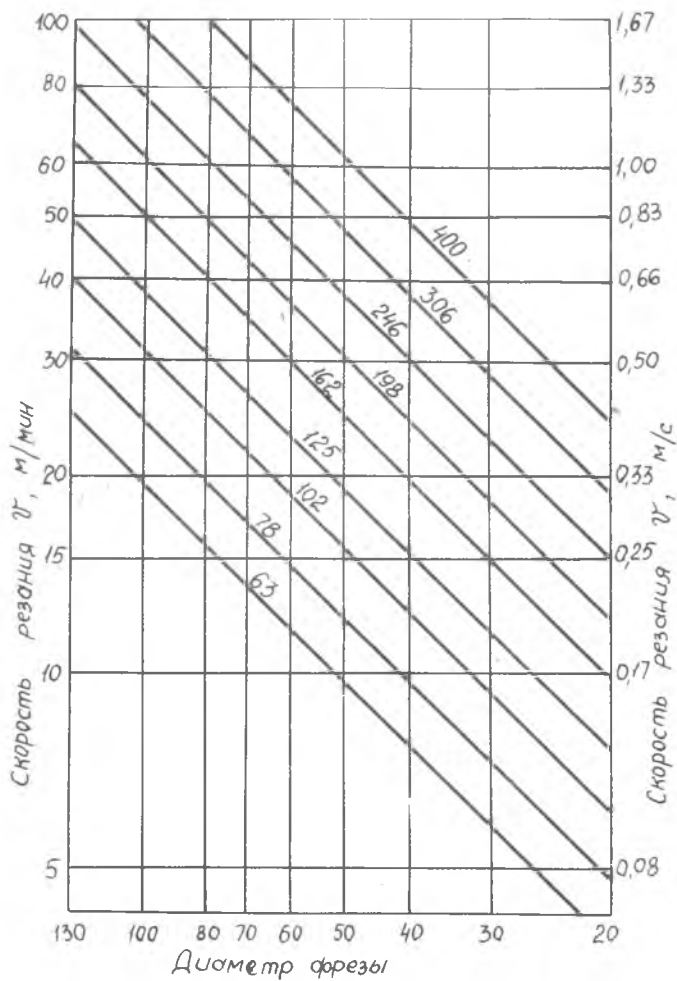
$$n_{\text{фр}} = 1450 \frac{120}{160} \cdot 0,985 \left. \begin{array}{l} \frac{31}{44} \\ \frac{35}{40} \\ \frac{40}{35} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} \frac{20}{55} \\ \frac{31}{44} \\ \frac{44}{31} \end{array} \right\} \frac{23}{25} \frac{24}{24} \frac{24}{24} \frac{20}{80} \text{ , об/мин. (4)}$$

Картина частот оборотов главного привода приведена на рис. 5, лучевая диаграмма скоростей на рис. 6.

Переключение двух трехступенчатых блоков с помощью рукояток I



Р и с. 5. Картина частот оборотов главного привода



Р и с. 6. Лучевая диаграмма скоростей

(рис.3) обеспечивает девять ступеней частот оборотов фрезы, мин⁻¹: 63, 78, 102, 124, 152, 198, 246, 306, 400.

Для повышения стойкости и продления срока службы фрезы, зубья которой в процессе обкатки загружены и изнашиваются неравномерно, шпиндель вместе с оправкой и фрезой может периодически перемещаться вдоль его оси вращением вала ХУШ вручную или механически. Механическое перемещение осуществляется с помощью электродвигателя ЭД2 по кинематической цепи:

$$S_{пер} = 1410 \frac{18}{32} \frac{20}{70} \frac{46}{60} \frac{60}{56} \frac{1}{30} \frac{38}{19} \frac{22}{22} 2\pi = 78 \frac{\text{мм}}{\text{мин}} \quad (5)$$

На валу ХУП предусмотрена тормозная электромагнитная муфта ЭМ6, которая служит для осевой фиксации шпинделя во время рабочего вращения.

Поворот суппорта с фрезой на угол φ° осуществляется по цепи вручную

$$n_{рук} \frac{1}{20} \frac{12}{70} 360 = \varphi^\circ$$

Отсчет угла производится по градусной шкале с нониусом с точностью отсчета до 10'.

Механизм подачи

При нарезании цилиндрических зубчатых колес подача осуществляется вертикальным перемещением фрезерного суппорта с помощью винтовой пары с шагом $p = 2\pi$ мм. При движении суппорта вниз происходит встречное фрезерование (см.рис.4, вкладка), вверх - полутное. Исключение зазора в винтовой паре при попутном фрезеровании осуществляется догрузкой суппорта с помощью гидроцилиндра (см.рис.9, вкладка).

Ходовой винт получает вращение от электромотора ЭД1 через систему передач. Поскольку величина подачи задается перемещением суппорта на один оборот стола, то кинематическое уравнение цепи подачи имеет вид

$$S_B = 1_{одст} = \frac{72}{1} \frac{36}{74} \frac{32}{64} \left. \begin{array}{l} M_1 \rightarrow \\ 37 \\ 59 \\ 42 \\ 54 \end{array} \right\} \frac{28}{56} \frac{28}{56} \left. \begin{array}{l} 42 \\ 42 \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} 42 \\ 56 \end{array} \right\} \frac{36}{72} \frac{52}{85} \frac{85}{80} \frac{3}{23} \frac{3}{30} 2\pi \quad (6)$$

реверс

Картина частот оборотов механизма вертикальной подачи суппорта приведена на рис.7.

Для получения встречной подачи суппорта (вниз) включается муфта ЭМ3, для попутной (вверх) – ЭМ4. Общее выключение подачи вручную осуществляется кулачковой муфтой М2, в автоматическом цикле – муфтой ЭМ5.

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи муфта М2 выключается, а включается электромагнитная муфта ЭМ1 для обеспечения горизонтального движения стола с заготовкой в направлении к фрезе по следующей кинематической цепи

$$S_p = 1_{одст} = \frac{72}{1} \frac{36}{74} \frac{37}{59} \left\{ \begin{array}{l} \frac{32}{64} M_1 \rightarrow \\ \frac{28}{56} \frac{28}{56} \\ \frac{42}{54} \end{array} \right\} \times \frac{42}{56} \frac{36}{72} \frac{52}{85} \frac{85}{60} \frac{60}{40} \frac{42}{54} 2M_1 \times \frac{48}{52} \frac{22}{22} \frac{1}{35} 2J. \quad (7)$$

Выключение радиальной подачи в конце врезания производится муфтой ЭМ1 с помощью упора и концевого выключателя, при этом включается тормозная электромагнитная муфта ЭМ2, которая служит для фиксации радиальной подачи.

Ускоренное перемещение суппорта и салазок стола осуществляется от электродвигателя ЭД3 по кинематическим цепям.

$$S_{xy} = 1430 \frac{48}{62} \frac{62}{54} \frac{54}{42} \frac{40}{60} \text{ ЭМ5 М2 } \frac{2}{30} 2\tilde{\pi} = 450 \text{ мм/мин.} \quad (8)$$

Электромагнитные муфты ЭМ3 и ЭМ4 при этом отключаются.

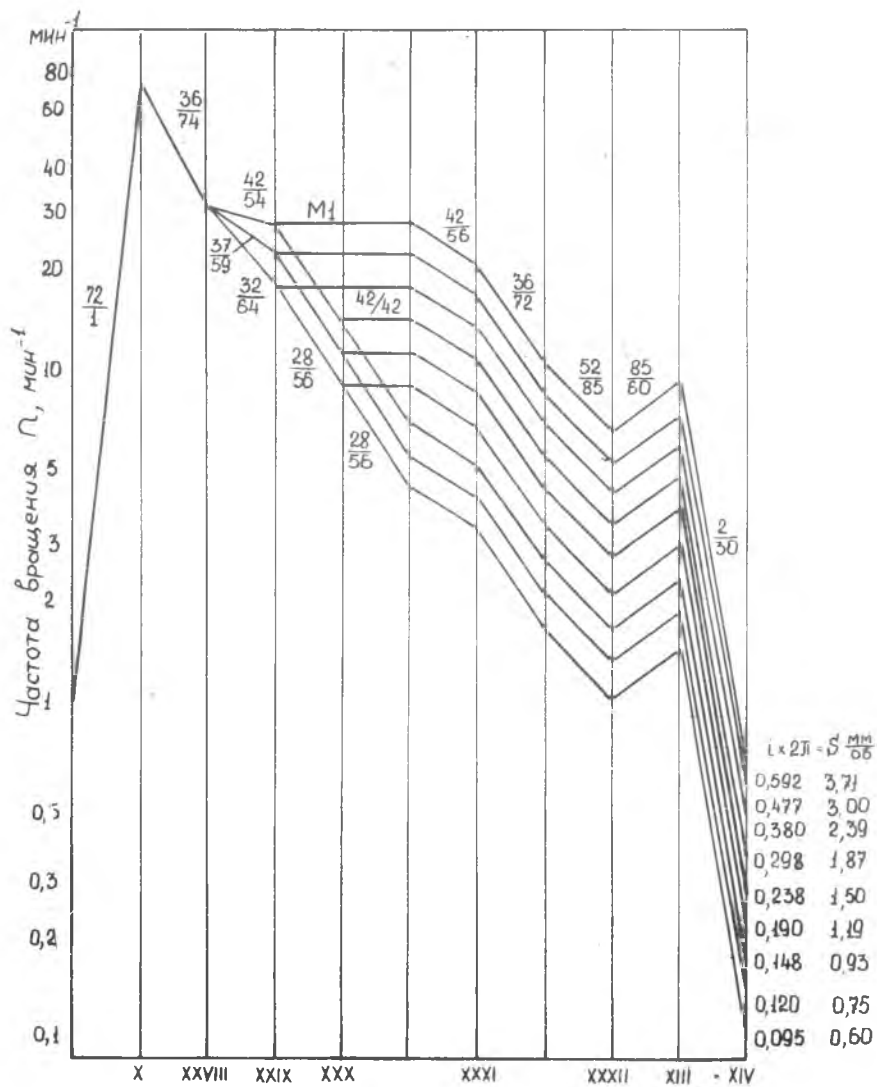
$$S_{py} = 1430 \frac{48}{62} \frac{62}{54} \text{ ЭМ1 } \frac{48}{52} \frac{22}{22} \frac{1}{35} 2\tilde{\pi} = 210 \text{ мм/мин.} \quad (9)$$

Для автоматического выключения подач на стойке и станине размещаются рабочие и аварийные упоры.

Механизм обкатки (деления)

Согласование частот вращения фрезы и изделия из условия обкатки (2) обеспечивается подбором передаточного отношения сменных колес a, b, c, d на гитаре деления (см.рис.4, вкладка).

Кинематическое уравнение цепи деления имеет вид



Р и с. 7. Картина частот оборотов механизма вертикальной подачи суппорта

$$I_{\text{об. фр}} = \frac{80}{20} \frac{24}{24} \frac{24}{24} \frac{24}{24} i_{\text{диф}} \frac{e}{f} \frac{a}{b} \frac{c}{d} \frac{1}{12} = \frac{Z_{30x}}{Z}; \quad (10)$$

где Z_{30x} - число заходов фрезы;

$i_{\text{диф}}$ - передаточное отношение дифференциала.

При нарезании прямозубых колес дифференциал работает как обычная зубчатая передача и $i_{\text{диф}} = 1$. Для фиксации корпуса дифференциала на вал XII надевается шлицевая втулка, связывающая его со станиной. При нарезании косозубых колес корпусу дифференциала с помощью червячной пары 2/30 сообщается вращение, при этом дифференциал работает как суммирующий механизм и его передаточное отношение отличается от единицы.

При числе зубьев нарезаемого колеса $Z \leq 105$ $\frac{e}{f} = \frac{48}{48} = 1$,

а при $Z > 105$ $\frac{e}{f} = \frac{32}{64} = \frac{1}{2}$.

При $\frac{e}{f} = 1$ и $i_{\text{диф}} = 1$ из уравнения (10) расчетная формула передаточного отношения гитары деления

$$i_{\text{гел}} = \frac{a}{b} \frac{c}{d} = \frac{18Z_{30x}}{Z}; \quad (11)$$

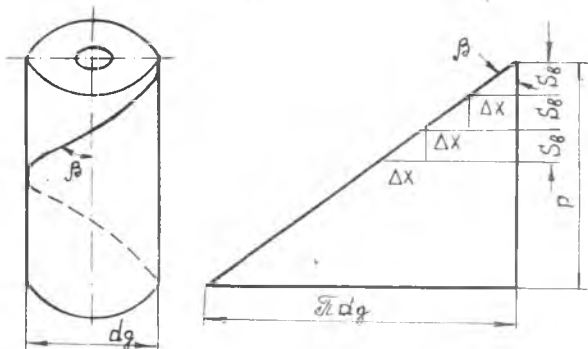
$$\text{для } \frac{e}{f} = \frac{1}{2}, \quad i_{\text{гел}} = \frac{36Z_{30x}}{Z} \quad (12)$$

Для смены направления вращения стола (при использовании фрез с левой спиралью) между колесами e и f устанавливается паразитное колесо.

Набор сменных колес гитары деления и дифференциала $m = 2$:
 25 (2 шт.), 27, 30 (2 шт.), 32, 34, 35, 36 (2 шт.), 37, 38, 40 (2 шт.),
 41, 43, 45, 46, 47, 48 (2 шт.), 50 (2 шт.), 53, 55 (2 шт.), 58, 59,
 60 (2 шт.), 61, 62, 64, 65 (2 шт.), 67, 70, 71, 73, 74, 75 (2 шт.),
 79, 80, 83, 85, 89, 90, 95, 97, 98, 100.

Механизм цели дифференциала

При нарезании косозубых колес фрезой, двигаясь в направлении подачи вниз или вверх, должна перемещаться относительно заготовки по винтовой линии с углом спирали, равным углу наклона зуба колеса β по начальной окружности (рис.8). Для этого при каждом перемещении фрезы на величину подачи S_g к одному обороту заготовки должна



Р и с. 8. Перемещение фрезы относительно заготовки при нарезании косозубого колеса

быть добавлена часть, соответствующая дуге ΔX по начальной окружности. При перемещении фрезы по вертикали на шаг спирали нарезаемого колеса ($\sum S_8 = P$) заготовка должна сделать один дополнительный оборот ($\sum \Delta X = \pi d_g$).

Эта задача выполняется настройкой кинематической цепи дифференциала, сообщаящей необходимую скорость вращения корпусу дифференциала, с помощью которого на основное делительное движение накладывается дополнительное, связанное с доворотом зубчатого колеса.

Кинематическое уравнение цепи дифференциала имеет вид:

$$\frac{P}{P_8} \frac{30}{2} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{24}{24} \frac{2}{30} i_{gup} \frac{e}{f} i_{gen} \frac{1}{72} = \pm 1 \text{ об/заг}$$

Подставив $i_{gup} = 2$, $i_{gen} = \frac{18 \cdot 30 \cdot e}{z} \cdot \frac{e}{f} = 1$, $P_8 = 2P$

и $P = \frac{T m_n z}{\sin \beta}$, получим формулу для определения передаточного отношения гитары дифференциала

$$\frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} = \frac{4 \sin \beta}{m_n z_{30x}} \quad (14)$$

Чтобы изменить направление вращения корпуса дифференциала (при перестройке станка с нарезания правой спирали на левую), в гитару дифференциала необходимо установить дополнительное паразитное колесо.

Гидропривод и система смазки станка

Гидропривод станка (см. рис. 9, вкладка) предназначен для устранения зазора в винтовой паре привода подачи фрезерного суппорта, для перемещения салазок с кронштейном контрподдержки оправки с заготовкой, для смазки станка.

Электродвигатель мощностью 1,1 кВт приводит во вращение ротор лопастного насоса 2 производительностью 5 л/мин, который через фильтр 1 засасывает масло из резервуара и направляет через пластинчатый фильтр 3 в высоконапорную магистраль 4. Давление в магистрали ограничивается в пределах 2,5...3 МПа предохранительным клапаном 5 с фильтром 7 и контролируется по манометру. Реле давления 6 контролирует минимальное давление в гидросистеме 2 МПа.

Из высоконапорной магистрали масло поступает по трубопроводу 19 через полый шток в верхнюю полость цилиндра 18 и отжимает цилиндр вместе с суппортом вверх, тем самым нагружает гайку винтовой пары подачи суппорта. Также из магистрали 4 масло через двухпозиционный кран 12 по трубопроводам 13 или 15 поступает в нижнюю или верхнюю полости гидроцилиндра 14 и обеспечивает перемещение салазок контрподдержки вверх или вниз. Зажим салазок после остановки при ходе вниз осуществляется гидрозажимом 17, который управляется блокировочным золотником 16 (этот золотник срабатывает в момент остановки каретки при ходе вниз). Слив масла осуществляется по трубопроводам 9^а и 9 после возвращения штока золотника 16 в исходное положение под действием пружин.

Из фильтра 7 масло также поступает в магистраль смазки и к маслораспределителям смазки узлов 10, 20 и 21. Давление в магистрали поддерживается 0,2...0,3 МПа при помощи предохранительного клапана 8.

Наладка станка на нарезание косозубого колеса

Студентам выдается задание, в котором указаны данные:

а) о нарезаемом колесе: m_n - нормальный модуль, d_{a_0} и b - наружный диаметр и высота заготовки, β - угол спирали (иногда он определяется по существующей настройке гитары дифференциала), направление спирали;

б) о червячной фрезе: m_n , $Z_{зох}$ - число заходов, δ_{m_0} - угол подъема витков спирали, d_{a_0} - наружный диаметр;

в) режим обработки: v - скорость резания, м/мин, S_g - вертикальная подача, мм/об, число проходов.

Работа по наладке выполняется в следующем порядке:

1. По заданной скорости резания определяется частота вращения шпинделя по формуле (I) или лучевой диаграмме (рис.6), уточняется по таблице на станке и устанавливается переключением рукояток. Записывается конкретное уравнение цепи главного движения.

2. Устанавливается подача и записывается уравнение цепи подач.

3. Устанавливается глубина резания. При работе в один проход глубина резания t принимается равной высоте зуба: $t_0 = 2,25 m$. При работе в два прохода: $t_1 = (1,5...1,75) m$, $t_2 = (0,5...0,75) m$.

4. Если в задании угол наклона и направления спирали не задается, то они определяются по настройке гитары дифференциала из формулы (I4) и по углу поворота суппорта.

5. Определяется число зубьев нарезаемого колеса из формулы для расчета наружного диаметра:

$$d_{a0} = \frac{m_n Z}{\cos \beta} + 2m_n \quad (I5)$$

6. Согласно формулам (II) и (I2) подбираются сменные шестерни и настраивается гитара деления. При этом проверяется условие сцепляемости:

$$a + v \geq c + I5, \quad c + d \geq b + I5.$$

7. Аналогично, в соответствии с формулой (I4), настраивается гитара дифференциала.

8. По углу β и в соответствии с направлением спирали поворачивается суппорт с фрезой.

9. Устанавливается и закрепляется заготовка.

10. Настраивается глубина врезания. Для этого фреза перемещением суппорта устанавливается на уровне середины заготовки, включается вращение фрезы. Заготовка медленным перемещением стола с помощью рукоятки I9 подводится к фрезе до касания. После этого фреза поднимается вверх, нулю радиальной подачи устанавливается на нуль и заготовка подводится на глубину резания. Далее производится включение вертикальной подачи и нарезание колеса. После начала резания по часам засекается время начала и окончания обработки.

При нарезании в два прохода вертикальный подъем суппорта для дополнительного врезания осуществляется вращением рукоятки без разведения цепи подач муфтой M_2 .

Включение станка производится после проверки настройки преподавателем или лаборантом и в их присутствии.

II. Определяется машинное время

$$T_M = \frac{(B+y)Z}{S_g n_{\varphi} Z_{\text{зак}}} \text{ мин,} \quad (16)$$

где y - длина врезания, которая определяется по приближенной зависимости

$$y = \sqrt{t(d_{\text{доф}} - t)}$$

Расчетное значение T_M сопоставляется с фактическим.
Нарезанное колесо после контроля предъявляется руководителю работы.

12. Производится уборка станка.

Составитель Митряев Константин Федорович

ЛЕУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И КИНЕМАТИКИ
ЭВБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 5K310

Редактор О.Б.Хнырева
Техн. редактор И.М.Каленюк
Корректор И.С.Куприянова

подписано в печать 30.05.84 г.
формат 64х84 1/16. бумага оберточная белая.
печать оперативная. Усл.п.л. 0,93. Уч.-изд.л. 0,9. +3 вкл.
л. 200 экз. Заказ 4136 Бесплатно.

Кулюшевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева,
г. Кулюшев, ул. Молодогвардейская, 151.

Типография имени В.И.Мяги, г.Кулюшев, ул.Венцека, 60.