

при смене партии деталей. Повышается также точность обработки. С применением устройств ЧПУ для управления зубодолбежными станками снижаются металлоемкость станка и трудоемкость его изготовления, упрощается сборка.

УДК 621.9.06

В.А. ДАНИЛОВ

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПОСОБ НАСТРОЙКИ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА

В практике машиностроения для нарезания зубчатых колес диагональным зубофрезерованием нашли применение универсальные зубофрезерные станки, типовая структурная схема которых изображена на рис. 1.

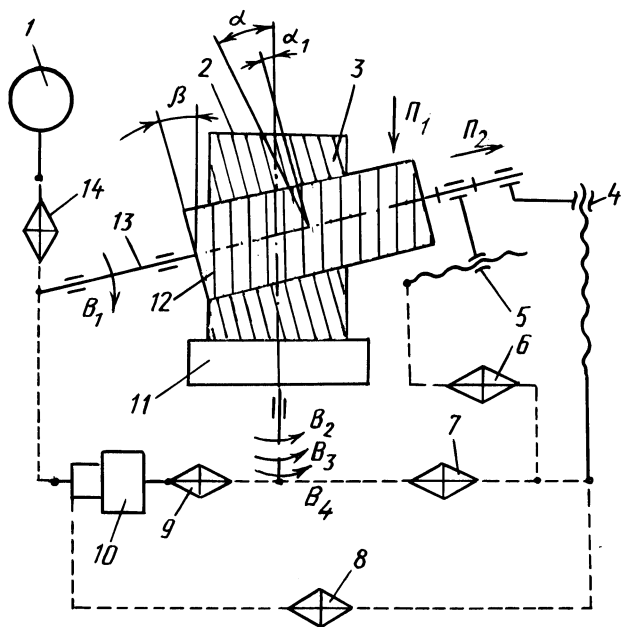


Рис. 1. Структурная схема зубофрезерного станка

Инструментальный шпиндель 13 с червячной фрезой 12 цепью обкатки, содержащей орган настройки 9 и дифференциал 10, связан со столом 11, несущим заготовку 3, на которой нарезаются косые зубья 2, наклоненные к оси зубчатого колеса под углом α . Цепь обкатки служит для согласования вращательных движений B_1 и B_2 инструментального шпинделя и стола. Инструментальный шпиндель совершает движение Π_1 вдоль оси вращения стола и Π_2 вдоль своей оси для сообщения червячной фрезе соответственно тангенциальной и осевой подачи.

Для осуществления осевой и тангенциальной подач фрезы служат тяговые устройства 4 и 5. Устройство 4 цепью дифференциала через гитару сменных зубчатых колес 8, а также цепью осевых подач через орган настройки 7 кинематически связано со столом 11. Устройства 4 и 5 соединены между собой кинематической цепью, в которой находится орган настройки 6 тангенциальной подачи. Инструментальный шпиндель 13 связан через коробку (гитару) скоростей 14 с двигателем 1.

При диагональном зубофрезеровании используется дифференциальный способ настройки универсальных станков, заключающийся в настройке цепей вращения фрезы, обкатки, дифференциала, осевой и тангенциальной подач. При этом заданный угол наклона зубьев нарезаемого колеса обеспечивается настройкой цепи дифференциала, с помощью которой стол с заготовкой получает дополнительное вращательное движение B_3 , связанное с движением осевой подачи P_1 фрезы в соответствии с углом наклона зубьев. Кроме того, эта цепь настраивается одновременно на сообщение столу дополнительного поворота B_4 , связанного с движением тангенциальной подачи P_2 фрезы. В случае привода инструментального шпинделя посредством косозубой передачи цепь дифференциала настраивается также дополнительно для компенсации поворота фрезы, возникающего вследствие осевого относительного движения косозубых колес [1].

Таким образом, формула настройки гитары дифференциала включает в общем случае три слагаемые (по числу указанных факторов), соответствующие трем дополнительным вращениям стола. Это настолько усложняет настройку цепи дифференциала, что часто невозможно подобрать сменные колеса из имеющегося набора и необходимо изготавливать дополнительные колеса [2].

Кинематическая структура универсальных зубофрезерных станков позволяет реализовать другой принцип настройки на получение винтовых зубьев, согласно которому заданный угол наклона нарезаемых зубьев рассматривается как сумма двух слагаемых, первое из которых обеспечивается посредством кинематической цепи между тяговыми устройствами осевой и тангенциальной подач, а другое — посредством цепи дифференциала. Такая настройка станка имеет следующие преимущества. Во-первых, поскольку тангенциальное перемещение P_2 фрезы используется для образования винтового зуба, отпадает необходимость в компенсации этого перемещения путем сообщения столу дополнительного поворота B_4 . Следовательно, отпадает необходимость в настройке этого движения, благодаря чему упрощается настройка цепи дифференциала. Во-вторых, так как угол наклона зубьев обеспечивается настройкой двух кинематических цепей, возрастает количество возможных вариантов его настройки. Этим объясняется более высокая универсальность предлагаемого способа настройки.

Рассмотрим настройку зубофрезерного станка по рис. 1 при образовании винтового зуба двумя кинематическими цепями. В этом случае формулы настройки органов 7, 9 и 14 не изменяются:

$$i_S = c_S S_o; \quad i_x = c_x a/z; \quad i_v = c_v n_{\phi},$$

где i_S , i_x , i_v — передаточные отношения соответственно органов 7, 9 и 14;

c_S, c_x, c_v — постоянные кинематических цепей осевой подачи, обкатки и вращения фрезы; S_o — осевая подача фрезы на оборот заготовки, мм; a — число заходов фрезы; z — число нарезаемых зубьев; n_ϕ — частота вращения фрезы, мин^{-1} .

Как следует из рис. 2, винтовой зуб с углом наклона α может быть получен путем сообщения фрезе одновременно перемещения вдоль оси заготовки на шаг T нарезаемых зубьев и в перпендикулярном направлении на расстояние $\pi m_s z$, где m_s — модуль торцовый. Вместо второго из указанных перемещений можно сообщить фрезе перемещение в том же направлении на расстояние l_s , а заготовке — поворот на $1 - l_s / (\pi m_s z)$ оборотов. В этом случае за счет сочетания перемещений T и l_s обеспечивается угол наклона зубьев $\alpha_1 = \arctg(l_s / T)$, а дополнение или уменьшение его до заданного α — поворотом заготовки на $1 - l_s / (\pi m_s z)$ оборотов.

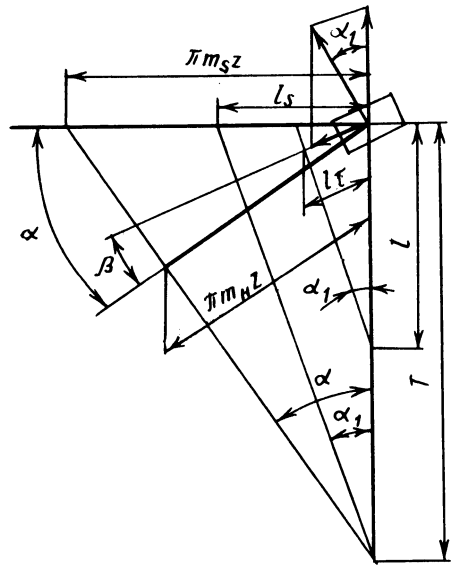


Рис. 2. Схема образования винтовых зубьев при диагональном зубофрезеровании

Таким образом, угол α_1 определяется соотношением l_s и T или l_τ и l , где l_τ — перемещение фрезы вдоль оси заготовки за время нарезания зубчатого колеса. При настройке станка l_τ принимается равным возможному перемещению фрезы $l_{\text{раб}}$, обеспечивающему участие в резании всех ее зубьев, а значение l — равным осевому перемещению фрезы $B_{\text{раб}}$ с учетом врезания и перебега, т. е. $l_\tau / l = l_{\text{раб}} / B_{\text{раб}}$.

Из рис. 2 следует

$$\frac{l_\tau}{l} = \frac{\sin \alpha_1}{\cos(\alpha - \alpha_1 - \beta)}, \quad (1)$$

где β — угол подъема витков червячной фрезы.

Примем

$$\sin \alpha_1 = \alpha_1, \quad \cos(\alpha - \alpha_1 - \beta) = 1 - \frac{(\alpha - \alpha_1 - \beta)^2}{2}.$$

Обозначим $l/l_T = k$. Тогда $k = \frac{2 - (\alpha - \beta - \alpha_1)^2}{2\alpha_1}$, откуда

$$\alpha_1 = \alpha - \beta - k + \sqrt{k^2 - 2k(\alpha - \beta) + 2}, \quad (2)$$

где α и β даны в радианах.

При настройке станка необходимо принимать

$$\alpha_1 \leq \alpha - \beta - k + \sqrt{k^2 - 2k(\alpha - \beta) + 2}. \quad (3)$$

Конкретное значение α_1 определяется передаточным отношением i_T органа настройки 6 кинематической цепи между тяговыми устройствами осевой и тангенциальной подач, так как согласно уравнению кинематического баланса этой цепи

$$i_T = c_T \frac{l_T}{l} = c_T \frac{\sin \alpha_1}{\cos(\alpha - \alpha_1 - \beta)}, \quad (4)$$

где c_T — постоянная рассматриваемой цепи.

Таким образом, для настройки кинематической цепи между тяговыми устройствами 4 и 5 необходимо по (2) предварительно определить α_1 , затем по (4) вычислить i_T и по этому расчетному значению, выполняя условие (3), принять ближайшее из паспортных значений для станка и из (4) определить фактическое значение α_1 , необходимого для настройки цепи дифференциала.

Выведем формулу настройки гитары 8 цепи дифференциала. Согласно рис. 2, $l_s/(\pi m_s z) = \operatorname{tg} \alpha_1 / \operatorname{tg} \alpha$, поэтому $1 - l_s/(\pi m_s z) = 1 - \operatorname{tg} \alpha_1 / \operatorname{tg} \alpha$. Следовательно, дополнение угла α_1 до α выполняется за счет поворота заготовки на $1 - \operatorname{tg} \alpha_1 / \operatorname{tg} \alpha$ оборотов, который осуществляется посредством цепи дифференциала за время перемещения фрезы вдоль оси заготовки на расстояние, равное шагу $T = \pi m_n z / \sin \alpha$ нарезаемых зубьев (m_n — модуль нормальный).

Уравнение кинематического баланса цепи дифференциала имеет вид

$$1 - \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{\pi m_n z}{t_4 \sin \alpha} i_{0y} i_y i_x,$$

где t_4 — шаг тягового вала 4; i_{0y} — передаточное отношение постоянных передач цепи дифференциала; i_y — передаточное отношение гитары 8 цепи дифференциала.

Следовательно, формула настройки гитары 8

$$i_y = c_y \frac{\sin \alpha}{m_n a} \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\operatorname{tg} \alpha} \right).$$

В частном случае при $\alpha_1 = \alpha$ $i_y = 0$, т. е. заданный угол наклона нарезаемых зубьев обеспечивается только настройкой цепи, связывающей тяговые

устройства осевой и тангенциальной подачи, благодаря чему повышается кинематическая точность станка. В этом случае на основании (4)

$$i_{\tau} = c_{\tau} \sin \alpha / \cos \beta .$$

В ряде моделей универсальных зубофрезерных станков вращение инструментального шпинделя с фрезой осуществляется посредством косозубой передачи. При относительном осевом перемещении косозубых колес вследствие тангенциальной подачи ведомое колесо с инструментальным шпинделем получают дополнительный поворот, который должен быть компенсирован сообщением столу соответствующего дополнительного поворота путем коррекции передаточного отношения гитары цепи дифференциала.

Станок, настроенный по описанному способу, работает следующим образом. От двигателя 1 (см. рис. 1) получает вращательное движение B_1 инструментальный шпиндель 13. Одновременно по цепи обкатки через дифференциал 10 и гитару 9 столу 11 сообщается вращательное движение B_2 . Движения стола и инструментального шпинделя связаны между собой передаточным отношением a/z .

По цепи подачи инструментальному шпинделю с фрезой через орган настройки 7 сообщается осевая подача P_3 , а через орган настройки 6 — тангенциальная подача P_4 . В результате фреза перемещается под некоторым углом α_1 к оси вращения стола, благодаря чему на вращающейся заготовке нарезаются винтовые зубья с углом наклона α_1 .

Для дополнения α_1 до заданного значения α стол 11 получает по цепи дифференциала через гитару 8 дополнительный поворот B_3 , связанный с движением P_1 . Необходимость в движении B_3 отпадает, если $\alpha_1 = \alpha$. При $\alpha_1 \neq \alpha$ в отличие от применяемого на практике способа не настраивается дополнительный поворот стола, связанный с тангенциальной подачей фрезы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. — М.: Машиностроение, 1970. — 403 с. 2. Шавлюга Н.И. Расчет и примеры наладки зубофрезерных и зубодолбежных станков. — Л.: Машиностроение, 1978. — 168 с.

УДК 621.923.5

А.Д. МАЛЯРЕНКО, В.И. ЮРИНОК

ВЛИЯНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ И НАСТРОЕЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОВОДОЧНЫХ СТАНКОВ С ПЛАНЕТАРНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТА НА ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Параметры качества оптических деталей достигаются главным образом на окончательных операциях технологического процесса их изготовления, обеспечивающих возвратно-качательное, т. е. осциллирующее относительно вращающейся детали, движение инструмента, представляющего притир с рабочей частью из алмазного (для шлифовальных операций) или полимерного (для