

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СХЕМЫ ОБРАБОТКИ СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК ДИСКОВЫХ ЗАТЫЛОВАННЫХ ФРЕЗ

А. А. АСМУС

(Представлена научным семинаром кафедр станков и резания металлов и технологии машиностроения)

При фрезеровании стружечных канавок дисковых затылованных фрез применяются две различные схемы обработки:

1. Обработка на оправках, установленных в центрах делительной головки и задней бабки (рис. 1).

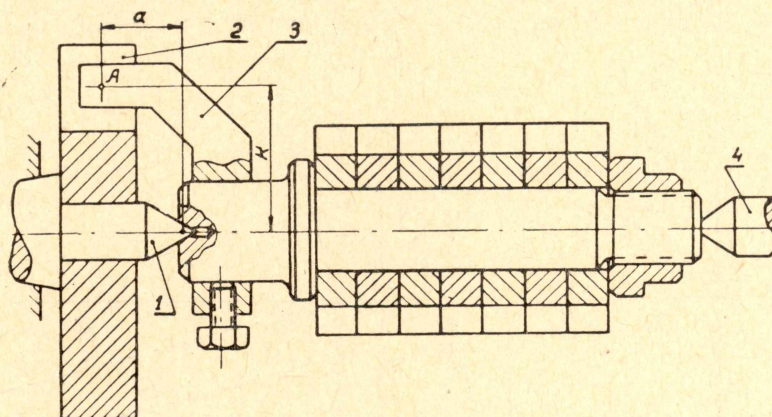


Рис. 1.

1 — центр делительной головки, 2 — поводок, 3 — хомутик, 4 — центр задней бабки

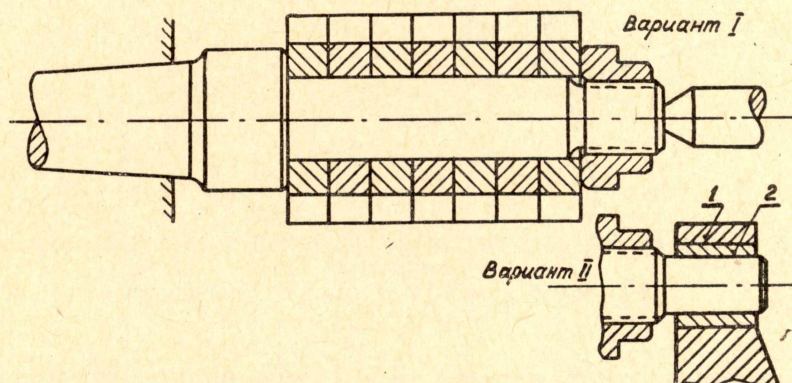


Рис. 2.

1 — задняя бабка специальная, 2 — втулка разрезная

2. Обработка на оправках, которые закрепляются в конусе делительной головки (рис. 2).



Очень важно, чтобы наибольшая накопленная ошибка окружных шагов после фрезерования была минимальной, чтобы не иметь повышенное биение режущих кромок на последующей операции — затылования профиля.

Погрешность окружного шага зависит от ряда факторов, основные из которых следующие: точность делительного механизма, эксцентриситет изделия относительно оси вращения шпинделя, жесткость системы СПИД и перекос оси вращения изделия относительно оси шпинделя делительного механизма.

Анализируя вышеуказанные схемы обработки, следует отметить, что с изменением схемы изменяются только жесткость системы СПИД и погрешности, вызванные перекосом осей. Остальные факторы не изменяются.

Разберем влияние каждого фактора.

Жесткость системы будет больше при применении схемы рис. 2, так как в этом случае нет подвижного соединения между центром приспособления и центровым отверстием оправки.

Кроме того, с целью увеличения жесткости целесообразно применять конструкцию задней бабки по варианту II рис. 2.

Ошибки окружного шага, вызванные перекосом осей  
На рис. 3. показан случай, когда имеет место перекос осей оправки

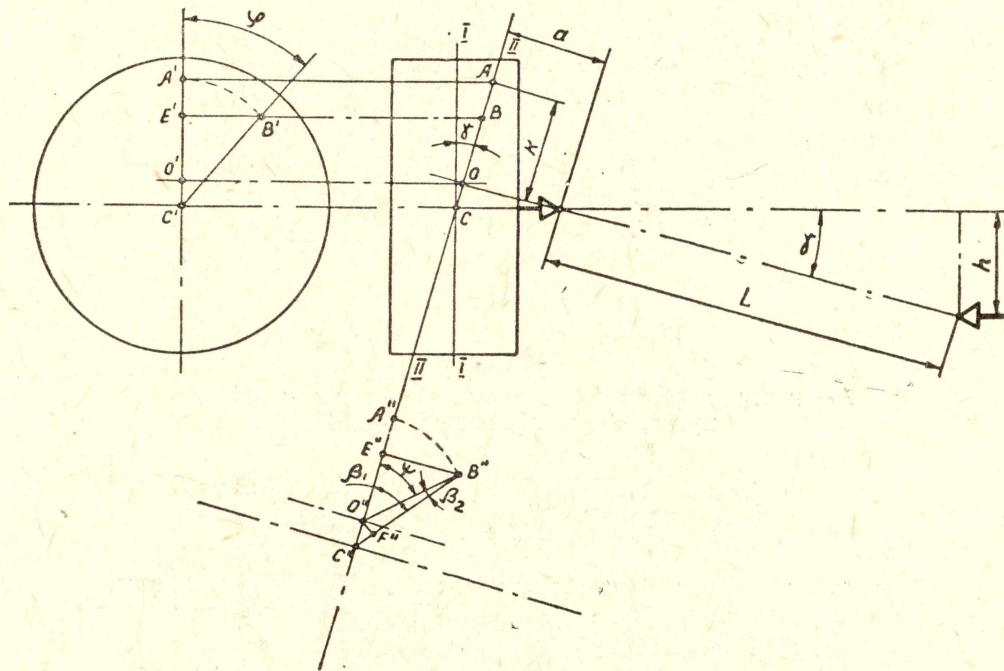


Рис. 3. Схема передачи вращения от шпинделя делительной головки на оправку.

A — точка контакта хомутика с поводком

и шпинделя делительной головки. Из схемы видно, что при повороте шпинделя делительной головки на угол  $\varphi$  оправка с изделием повернется на угол  $\psi$ , отличный от угла  $\varphi$ .

Ошибка окружного шага  $\Delta\varphi_n$  вызванная перекосом осей, определяется из зависимости

$$\Delta\varphi_n = (1) - \varphi.$$



Чтобы установить зависимость между углами  $\psi$  и  $\varphi$ , проанализируем схему рис. 3.

$$\psi = \beta_1 + \beta_2 \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{E'B'}{E'C'}; \quad \operatorname{tg} \beta_1 = \frac{E''B''}{E''C''};$$

$$E''B'' = E'B'; \quad E''C'' = \frac{E'C'}{\cos \gamma};$$

тогда  $\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{E'B'}{E'C'} \cos \gamma$  т. е.  $\operatorname{tg} \beta_1 = \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \gamma$ . (3)

$$\sin \beta_2 = \frac{O''F''}{O''B''}; \quad O''F'' = C''O'' \cdot \sin \beta_1; \quad C''O'' = CO = a \cdot \operatorname{tg} \gamma.$$

$$O''F'' = a \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \beta_1,$$

$$O''B'' = O''A'' = OA = k,$$

т. е.  $\sin \beta_2 = \frac{a}{k} \cdot \operatorname{tg} \gamma \sin \beta_1;$

при малых значениях углов  $\beta_2$  можно принять:  $\beta_2 \approx \sin \beta_2$ , следовательно,  $\beta_2 = \frac{a}{k} \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \beta_1$  в радианах

или в секундах  $\beta_2 = 206 \cdot 10^3 \cdot \frac{a}{k} \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \beta_1$  (4)

Окончательно имеем

$$\Delta \varphi_{\text{п}} = \psi - \varphi = \beta_1 + \beta_2 - \varphi. \quad (5)$$

$\beta_1$  определяется по формуле (3),

$\beta_2$  определяется по формуле (4).

Частный случай 1.  $\gamma = 0$ .

Тогда  $\beta_1 = \varphi$ ; следует из формулы (3),

$\beta_2 = 0$ ; следует из формулы (4).

$$\Delta \varphi_{\text{п}} = \beta_1 + \beta_2 - \varphi = \varphi - \varphi = 0,$$

т. е. при  $\gamma = 0$  ошибки при передаче вращения не будет.

Частный случай 2.  $a = 0$ .

Тогда  $\beta_2 = 0$ ; следует из формулы (4)

$$\Delta \varphi_{\text{п}} = \beta_1 - \varphi.$$

При малых углах  $\gamma$  ошибку  $\Delta \varphi_{\text{п}}$  можно считать величиной малости второго порядка, что следует из формулы (3).

Величина  $a$  выбирается из конструктивных соображений, следовательно, при конструировании хомутиков надо стремиться, чтобы величина  $a \rightarrow 0$ . Ошибка  $\Delta \varphi_{\text{п}}$  будет при этом минимальной.

Проанализируем, при каких значениях углов  $\varphi$  ошибка  $\Delta \varphi_{\text{п}}$  будет максимальной.

Из формулы (5) следует, что  $\Delta \varphi_{\text{п}}$  примет максимальное значение при  $(\beta_1 - \varphi)_{\text{max}}$  и  $\beta_{2\text{max}}$ .

При малых углах  $\gamma$  разность  $\beta_1 - \varphi$  является величиной малости второго порядка, что следует из формулы (3).



Угол  $\beta_2$  принимает максимальное значение при  $\beta_1 = 90^\circ$  (см. формулу 4).

Из формулы (3) при  $\beta_1 = 90^\circ$  следует, что  $\beta_1 = \varphi$ ; тогда наибольшая ошибка  $\Delta\varphi_{\text{пmax}} = \beta_1 + \beta_2 - \varphi = \beta_2$ ; имея в виду, что при  $\beta_1 = 90^\circ$

$$\beta_2 = 206 \cdot 10^3 \cdot \frac{a}{k} \text{ tg } \gamma \text{ сек},$$

окончательно имеем:

$$\Delta\varphi_{\text{пmax}} = 206 \cdot 10^3 \cdot \frac{a}{k} \cdot \text{tg } \gamma \text{ сек.} \quad (6)$$

Следует иметь в виду, что по формуле (6) определяется наибольшая положительная ошибка.

При  $\varphi < 180^\circ$  ошибка  $\Delta\varphi_{\text{п}}$  меняет знак.

Наибольшая отрицательная ошибка будет при  $\beta_1 = 270^\circ$ ;

$$\Delta\varphi_{\text{пmax}} = -206 \cdot 10^3 \cdot \frac{a}{k} \cdot \text{tg } \gamma \text{ сек.}$$

Следовательно, наибольшая накопленная ошибка в пределах одного оборота, т. е. при изменении угла  $\varphi$  от 0 до  $360^\circ$ , определится по формуле

$$\Delta\varphi_{\text{пmax}_2} = 412 \cdot 10^3 \cdot \frac{a}{k} \cdot \text{tg } \gamma \text{ сек.} \quad (7)$$

Аналогичные исследования проводились научно-техническим коллективом народного предприятия К. Цейс, Иена [1].

По данным [1] зависимость между углами  $\varphi$  и  $\psi$  выражается формулой

$$\text{tg } \psi = \frac{\sin \varphi}{\cos \gamma \cdot \cos \varphi + \frac{a}{k} \sin \gamma} \quad (8)$$

При определении наибольшей ошибки в пределах одного оборота по формуле (8) получаются уменьшенные в два раза ошибки, чем при расчете по формуле (7). Это объясняется тем, что зависимость (8) не учитывает изменения знака ошибки при  $\varphi > 180^\circ$ .

### Выводы

1. Применяемые в настоящее время две схемы (рис. 1 и рис. 2) обработки стружечных канавок дисковых затылованных фрез не обеспечивают одинаковой точности по накопленной погрешности окружного шага.

Большие погрешности возникают при использовании схемы рис. 1, так как по сравнению со схемой рис. 2 схема 1 имеет меньшую жесткость и возникают дополнительные ошибки, вызванные перекосом осей вращения шпинделя и оправки.

2. Для определения наибольшей накопленной погрешности при перекоме осей выведена формула (7), которая дает более точные результаты по сравнению с формулой (8) [1].

3. Накопленную погрешность окружного шага в схеме 2 можно уменьшить за счет рациональной конструкции хомутика. Размер  $a$  хомутика следует выбирать возможно меньший, так как при  $a \rightarrow 0 \Delta\varphi_{\text{пmax}} \rightarrow 0$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкции точных приборов. Перевод с немецкого Н. К. Деревенко. Машгиз, М., 1960.