

УДК 674.05:621.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРНОЙ ФРЕЗЫ

И.Т. ГЛЕБОВ,

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры инновационных технологий и оборудования деревообработки
ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет
e-mail: git5@uandex.ru
(620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37)

Ключевые слова: фреза, нож, клин, масса ножа, полярные радиусы, уравнение, методика расчета, проектирование.

Для фрезерования древесины часто используют сборные фрезы и ножевые валы различной конструкции. Часто используются насадные сборные фрезы, включающие корпус с посадочным отверстием и пазами, в которые вставлены ножи, клинья и винты. Винтами обеспечивают монтажное крепление ножей. Для проектирования фрезы необходимо знать соотношение масс ножа и клина узла крепления ножа. В нормативной литературе указано только, что масса клина должна быть больше массы ножа. Возникающие при вращении фрезы центробежные силы стремятся вырвать нож из паза. Этому препятствуют силы трения. Причем чем больше центробежные силы, тем больше силы трения.

В расчетной схеме указаны центры масс ножа и клина, к которым приложены центробежные силы. Центры масс привязаны к центру вращения фрезы полярными радиусами и полярными углами в системе координат ХОУ. По схеме составлено уравнение равновесия системы сил, получено уравнение для определения массы клина. Получены уравнения для координат центров масс ножа и клина, уравнения для нахождения полярных углов и полярных радиусов. Предложена методика расчета массы клина, показанная на примере.

На основании анализа сделан вывод: сборную фрезу с клиновым креплением ножей следует проектировать так, чтобы ее параметры в процессе эксплуатации не менялись. Допускается уменьшение ширины ножей в результате их переточки.

Установлено влияние параметров. 1. С увеличением усилия прижима клина винтами в 1,256 раза масса клина уменьшается до 0,04 кг, т.е. на 92 %.

2. С увеличением ширины ножа в 1,5 раза при массе ножа 0,32 кг масса клина увеличивается до 0,88 кг, т.е. на 67 %.

3. С увеличением толщины ножа в 1,5 раза при массе ножа 0,32 кг масса клина увеличивается до 1,7 кг, т.е. на 232 %.

4. С увеличением радиуса фрезы в 1,5 раза при массе ножа 0,21 кг масса клина увеличивается до 1,33 кг, т.е. на 155 %.

DESIGN TEAM MILLS

I.T. GLEBOV,
Ph.D., associate professor,
professor of «Innovative technologies and equipment woodworking»
VPO «Ural State Forestry University
e-mail: git5@uandex.ru
(620100, Ekaterinburg, Siberian highway, 37)

Keywords: cutter, knife, wedge, weight of the knife, the polar radius, equation, calculation methods, design.

For milling wood is often used prefabricated cutter and knife shafts of various designs. Often used prefabricated Shaft mounted cutter includes a housing with a bore hole and the slots in which the blades are inserted, wedges and wine-you. Screws provide a mounting bracket knives. For the design of the cutter is necessary to know the ratio of the mass of the wedge and the knife blade of the mount. In the normative literature indicated only: the mass of the wedge should be greater than the mass of the blade. The resulting tool rotation centrifugal forces tend to pull out the knife out of the groove. This prevent friction. The greater the centrifugal force, the greater the friction.

The design scheme listed the centers of mass of the knife and wedge to which a centrifugal force. The center of mass attached to the center of rotation of the cutter Polar radius and polar angles in the coordinate system HOY. According to the scheme drawn up the equilibrium equation of forces, an equation for determining the mass of the wedge. The equations for the coordinates of the centers of mass of the knife and wedge equation for the polar angle and polar radii. The method of calculating the weight of the wedge shown in the example.

Based on the analysis concluded: team cutter with wedge fastening-ments but should be designed so that its parameters during operation no less-nyalis. The width of the blades may be reduced as a result of regrinding.

The influence of the parameters. 1. With increasing clamping force of the wedge in the wine-ter 1,256 times the mass of the wedge is reduced to 0.04 kg, ie by 92 %. 2. With the increase in the width of the blade is 1.5 times the mass of the blade at 0.32 kg, the weight of the wedge increases to 0.88 kg, ie by 67 %. 3. With the increase in the thickness of the blade is 1.5 times the mass of the blade at 0.32 kg, the weight of the wedge is increased to 1.7 kg, ie by 232 %. 4. With increasing cutter radius 1.5 times the mass of the blade at 0.21 kg, the weight of the wedge increases to 1.33 kg, ie 155 %.

Введение

Для механической обработки древесины на станках используют разнообразные конструкции сборных фрез и ножевых валов, в которых применяют разные варианты клинового крепления ножей [1, 2]. Часто используется сборная фреза, состоящая из корпуса 1 (рисунок) с посадочным отверстием и пазами, в которые вставлены ножи 4, клинья 3 с винтами 2. Винтами 2 обеспечивают монтажное крепление ножей.

Возникающие при вращении фрезы центробежные силы стремятся вырвать нож из паза. Этому препятствуют силы трения. При этом чем больше центробежные силы, тем больше силы трения.

Цель и методика исследования

Методика определения монтажного усилия Q , создаваемого винтами, известна [3]. Остается неясно, каково должно быть соотношение масс ножа и клина в механизме крепления. В ГОСТ

Р 53927-2010 отмечено, что масса клина должна быть больше массы ножа.

При вращении фрезы на клин и нож действуют центробежные силы Q_k и Q_n , приложенные в центрах масс клина и ножа, положение которых определяется полярными координатами: полярными радиусами r_k и r_n в системе координат XOY и полярными углами φ_k , φ_n . Полярные радиусы равны расстоянию от центра вращения O фрезы до центров тяжести клина и

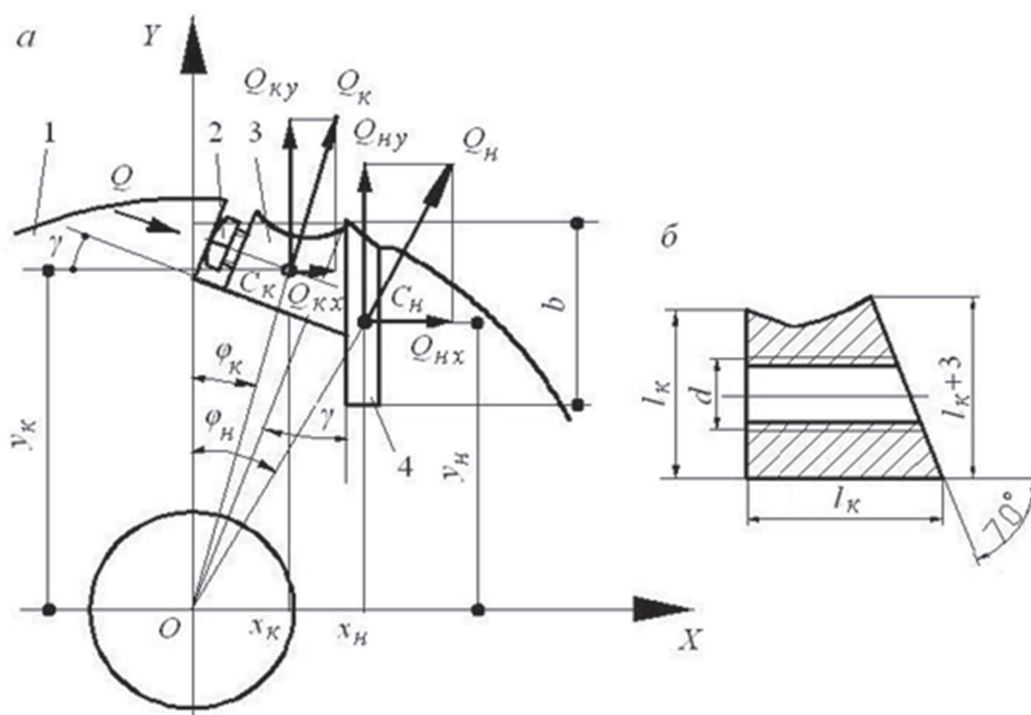


Схема к расчету клинового крепления ножа:
а – расчетная схема; б – клин

ножа соответственно: $r_k = OC_k$; $r_n = OC_n$. Полярные углы отражают наклон полярных радиусов относительно оси OY .

Центробежные силы равны, Н:

$$Q_k = m_k \omega^2 r_k; \quad Q_n = m_n \omega^2 r_n,$$

где m_k, m_n – масса, кг, клина и ножа соответственно; ω – угловая частота вращения фрезы, $\omega = \pi n / 30 \text{ с}^{-1}$.

Найдем проекции действующих сил на оси координат X и Y , если ось Y параллельна передней грани ножа.

$$\begin{aligned} Q_{kx} &= m_k \omega^2 r_k \sin \varphi_k; \\ Q_{nx} &= m_n \omega^2 r_n \sin \varphi_n; \\ Q_x &= Q \cos \gamma. \end{aligned} \quad (1)$$

$$Q_{ny} = m_n \omega^2 r_n \cos \varphi_n, \quad (2)$$

где φ_k, φ_n – полярные углы, под которыми наклонены к оси OY полярные радиусы центров масс

клина и ножа соответственно; Q – монтажный зажим ножа клином всеми винтами.

Результаты исследования

Под действием силы Q_{ny} нож стремится вылететь из паза корпуса. Этому препятствуют силы трения ножа по стенке паза и по поверхности клина. При коэффициенте трения f ($f = 0,12 \dots 0,18$) и коэффициенте запаса $\alpha = 1,3 \dots 1,5$ условие равновесия ножа можно записать так:

$$Q_{ny} = \frac{f}{\alpha} (Q_{nx} + 2Q_{kx} + 2Q_x). \quad (3)$$

С учетом уравнений (1), (2) получим:

$$m_k = \frac{m_n \omega^2 r_n (\alpha \cos \varphi_n - f \sin \varphi_n) - 2fQ \cos \gamma}{2f\omega^2 r_k \sin \varphi_k}. \quad (4)$$

Найдем полярные углы ножа φ_n и клина φ_k , а также полярные радиусы действия этих сил r_n и r_k (см. рисунок).

По рисунку найдем координаты центра масс ножа $C_n(x_n, y_n)$ в осях координат X и Y :

$$\begin{cases} x_n = r_n \sin \varphi_n; \\ x_n = R \sin \gamma + \frac{c}{2}. \end{cases} \quad (5)$$

где c – толщина ножа, мм; γ – передний угол ножа.

Отсюда

$$r_n = \frac{R \sin \gamma + c/2}{\sin \varphi_n}. \quad (6)$$

$$\begin{cases} y_n = R \cos \gamma - b/2; \\ y_n = r_n \cos \varphi_n. \end{cases} \quad (7)$$

Отсюда

$$r_n = \frac{R \cos \gamma - b/2}{\cos \varphi_n}. \quad (8)$$

Из (6) и (8) получим:

$$\varphi_n = \operatorname{arctg} \left(\frac{R \sin \gamma + c/2}{R \cos \gamma - b/2} \right). \quad (9)$$

Найдем координаты центра массы клина $C_k(x_k, y_k)$.

$$\begin{cases} x_k = r_k \sin \varphi_k; \\ y_k = R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma \end{cases}, \quad (10)$$

где $l_k = (1,5 \dots 2,0)d$; d – диаметр стержня винта, свертываемого по резьбе в клин (см. рисунок, б). По теории деталей машин глубина свертывания винта должна быть приблизительно равна одному диаметру винта (по ГОСТ Р 52401-2005 глубина свертывания должна быть не менее пяти шагов резьбы, мелкий шаг резьбы не допускается; для винта М10, например, глубина свертывания не менее 7,5 мм). Зазор между задней поверхностью клина и опорной поверхностью корпуса фрезы не должен превышать 7 мм. Учитывая возможность свободного перемещения зажимного винта, размеры поперечного сечения клина приняты такими, которые указаны на рисунке, б.

Из (10) получим:

$$r_k = \frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{\sin \varphi_k}. \quad (11)$$

$$\begin{cases} y_k = r_k \cos \varphi_k; \\ y_k = R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma. \end{cases} \quad (12)$$

Отсюда

$$r_k = \frac{R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{\cos \varphi_k}. \quad (13)$$

Из (11) и (13) получим:

$$\varphi_k = \operatorname{arctg} \left(\frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma} \right). \quad (14)$$

Анализ результатов исследования

Проведем анализ уравнения (4) на примере.

Дано: диаметр сборной фрезы $D = 140$ мм. Нож: ширина $b = 40$ мм, толщина $c = 4$ мм, длина $l = 17$ см, передний угол ножа $\gamma = 20^\circ$. Клин: диаметр зажимного винта $d = 10$ мм, ширина основания клина $l_k = (2d; 1,7d; 1,5d)$. Частота вращения фрезы $n = 5000$ мин⁻¹. Монтажный зажим ножа тремя винтами $Q = 9000$ Н. Коэффициент запаса $\alpha = 1,3$, коэффициент трения $f = 0,15$. Плотность стали $\rho = 7800$ кг/м³. Найти массы клина и ножа.

Решение. 1. Определим массу стального ножа длиной 0,17 м, кг:

$$m_n = v\rho,$$

где v – объем ножа, м³, ρ – плотность стали.

$$m_n = 0,04 \cdot 0,004 \cdot 0,17 \cdot 7800 = 0,2122 \text{ кг.}$$

2. Найдем полярный угол наклона центра массы ножа, рад.

$$\varphi_n = \operatorname{arctg} \left(\frac{R \sin \gamma + c/2}{R \cos \gamma - b/2} \right) = \operatorname{arctg} \left(\frac{0,07 \sin 20^\circ + 0,004/2}{0,07 \cos 20^\circ - 0,04/2} \right) = 0,516.$$

3. Найдем полярный радиус центра массы ножа:

$$r_n = \frac{R \sin \gamma + c/2}{\sin \varphi_n} = \frac{0,07 \cdot \sin 20^\circ + 0,04/2}{\sin 0,516} = 0,053 \text{ м.}$$

4. Найдем полярный угол наклона центра массы клина, рад., при $l_k = (2d; 1,7d; 1,5d)$, $d = 0,01$ м:

$$\begin{aligned} \varphi_k &= \operatorname{arctg} \left(\frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{R \cos \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma} \right) = \\ &= \operatorname{arctg} \left(\frac{0,07 \sin 20^\circ - 0,409 \cdot 2 \cdot 0,01 \cos 20^\circ}{0,07 \cos 20^\circ - 0,409 \cdot 2 \cdot 0,01 \cos 20^\circ} \right) = 0,242 \text{ рад.} \end{aligned}$$

При $l_k = 2d$ $\varphi_k = 0,242$ рад.; при $l_k = 1,7d$ $\varphi_k = 0,259$ рад.;

при $l_k = 1,5d$ $\varphi_k = 0,270$ рад.

5. Найдем полярный радиус центра массы клина:

$$\begin{aligned} r_k &= \frac{R \sin \gamma - 0,409 l_k \cos \gamma}{\sin \varphi_k} = \\ &= \frac{0,07 \sin 20^\circ - 0,409 \cdot 2 \cdot 0,01 \cos 20^\circ}{\sin 0,242} = 0,068 \text{ м.} \end{aligned}$$

При $l_k = 2d$ $r_k = 0,068$ м; при $l_k = 1,7d$ $r_k = 0,068$ м;

при $l_k = 1,5d$ $r_k = 0,068$ м.

6. Находим массу клина, если угловая частота вращения фрезы

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 5000}{30} = 523,6 \text{ с}^{-1}.$$

$$m_k = \frac{m_n \omega^2 r_n (\alpha \cos \varphi_n - f \sin \varphi_n) - 2 f Q \cos \gamma}{2 f \omega^2 r_k \sin \varphi_k} =$$

$$= \frac{0,2122 \cdot 523,6^2 \cdot 0,053 (1,3 \cos 0,516 - 0,15 \sin 0,516) - 2 \cdot 0,15 \cdot 9000 \cos 20^\circ}{2 \cdot 0,15 \cdot 523,6^2 \cdot 0,068 \sin 0,242} = 0,52 \text{ кг.}$$

При $l_k = 2d$ $m_k = 0,52$ кг; при $l_k = 1,7d$ $m_k = 0,49$ кг;

при $l_k = 1,5d$ $m_k = 0,47$ кг.

7. Ширина основания клина из рисунка, б

$$l_k = \frac{2(m_k + 9906d^2 l \sin \gamma)}{15600dl} = \frac{2(0,52 + 9906 \cdot 0,01^2 \cdot 0,17 \sin 20^\circ)}{15600 \cdot 0,01 \cdot 0,17} = 0,027 \text{ м.}$$

При $l_k = 2d$ $l_k = 27$ мм; при $l_k = 1,7d$ $l_k = 24$ мм;

при $l_k = 1,5d$ $l_k = 23$ мм.

Для сравнения у клина, взятого со станка, основание $l_k = 19$ мм.

Влияние параметров

1. Увеличим усилие прижима клина винтами в 1,256 раза ($Q_1 = 1,256Q = 1,256 \cdot 9000 = 11300$ Н), масса клина уменьшится до 0,04 кг, т.е. на 92 %.

2. Увеличим ширину ножа в 1,5 раза ($b_1 = 1,5b = 1,5 \cdot 0,04 = 0,06$ м), при массе ножа 0,32 кг масса клина увеличивается до 0,88 кг, т.е. на 67 %.

3. Увеличим толщину ножа в 1,5 раза ($c_1 = 1,5c = 1,5 \cdot 0,004 = 0,006$ м), при массе ножа 0,32 кг масса клина увеличивается до 1,7 кг, т.е. на 232 %.

4. Увеличим радиус фрезы в 1,5 раза ($R_1 = 1,5R = 1,5 \cdot 0,07 = 0,105$ м), при массе ножа 0,21 кг масса клина увеличивается до 1,33 кг, т.е. на 155 %.

Вывод. Сборную фрезу с клиновым креплением ножей следует проектировать так, чтобы ее параметры в процессе эксплуатации не менялись. Допускается уменьшение ширины ножей в результате их переточки.

Библиографический список

- ГОСТ Р53927-2010. Фрезы насадные сборные с корпусами из легких сплавов с механическим креплением сменных режущих пластин для обработки древесины и композиционных древесных материалов. Введ. 2012-01-01. М.: Стандартиформ, 2011. 12 с.
- ГОСТ Р52401-2005. Инструмент дереворежущий насадной для станков с ручной подачей. Введ. 2005-29-11. М.: Стандартиформ, 2005. 7 с.
- Глебов И.Т. Справочник по дереворежущему инструменту. СПб.: Лань, 2015. 224 с.

Bibliography

- GOST R 53927-2010. Mills Shaft mounted with prefabricated buildings of light alloy with mechanical fastening removable inserts for wood and composite wood materials. Introduced. 2012-01-01. М.: Standartinform, 2011. 12 p.
- GOST R 52401-2005. Wood cutting tools for machine tools with the push-brook-term supply. Introduced. 2005-29-11. М.: Standartinform, 2005. 7.
- Glebov I.T. Reference woodcutting tools. SPb.: Publisher «Lan», 2015. 224 p.