РАЗДЕЛ IV. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Кононов А.В., Севрюгин С.Ю.

Схемное решение обрабатывающего поворотного модуля трансферного станка

Чистопольский филиал "Восток" Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева - КАИ
(Россия, Чистополь)

doi: 10.18411/trnio-09-2021-07

Аннотация

В статье рассматривается проблема разработки обрабатывающего поворотного модуля трансферного станка с целью сверления (фрезеровки и др.) под определенным углом разных типов деталей. Сделаны необходимые расчеты и выводы.

Ключевые слова: трансферный станок, поворотный модуль, кулисный механизм.

Abstract

The article deals with the problem of developing a processing rotary module of a transfer machine for the purpose of drilling (milling, etc.) at a certain angle for different types of parts. The necessary calculations and conclusions have been made.

Keywords: transfer machine, rotary module, rocker mechanism.

Довольно часто при обработке деталей на трансферных станках [2] необходимо сверлить (фрезеровать и производить прочие операции) под определенным углом разные типы деталей, и этот угол меняется в некотором диапазоне (зачастую в пределах 10°). Классическим решением данной задачи является установка на станок жесткого фланца с наклонной гранью, соответствующей углу сверления.

Но, поскольку часто бывают ситуации, когда необходимо обработать на станке детали под разными углами, то целесообразнее использовать обрабатывающие поворотные модули (рис. 1).

Рисунок 1. Поворотный модуль (1 – основание; 2 – направляющая; 3 – плита; 4 – корпус; 5 – корпусной подшипник)

После изучения различных механизмов по преобразованию линейного перемещения в угловое, а также исходя из требуемых конструктивных решений по жесткости узла, мы остановились на четырехзвенном кулисном механизме с прямолинейной кулисой [1] (рис. 2).

Рисунок 2. Кинематическая схема кулисного механизма (1 – ползун; 2 – кривошип; 3 – камень кулисы; 4 – кулиса)

Такой механизм служит для преобразования вращательного движения в прямолинейно-поступательное. В механизме кулиса может быть расположена вертикально или наклонно. Применяется такой механизм для малых длин хода и находит широкое применение в счетных машинах (синусный механизм). Формула для определения угла наклона кулисы имеет следующий вид:

$$\varphi_2 = \arccos\left(\frac{s}{l_2}\right),$$

где $s = AB$, $l_2 = AD$ (см. рис. 2).

В нашем случае нас интересует максимальный ход поршня 1 по известному максимальному углу наклона 45° . $l_2 = 190$ мм (размер получен, исходя из предварительно спроектированного узла). Таким образом, получаем:

$$\begin{aligned} s &= l_2 \cos \varphi_2, \\ s &= 190 \cdot \cos 45^\circ, \\ s &= 190 \cdot 0,707 = 134,35 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Полученное значение s определяет максимальный полезный ход винта шарико-винтовой передачи (ШВП).

Для выбора ШВП примем точность угла наклона $\pm 30'$. Исходя из этого диапазона, нам необходимо подобрать ШВП соответствующего класса с учетом погрешности изготовления сопрягаемых деталей. ШВП приводит в движение линейную часть кулисного механизма, который на выходе обеспечивает поворот модуля на соответствующий угол. Погрешность линейного перемещения сказывается в свою очередь на погрешность угла поворота и, кроме того, необходимо учитывать погрешность изготовления сопрягаемых деталей.

Приведем расчет влияния линейного люфта на угол поворота модуля на примере вышеописанного расчета, но будем производить расчет от противного. Для расчета будем использовать ШВП класса точности C7 с максимальным значением люфта 0,04 мм.

Исходные данные:

$$\begin{aligned} s_{\text{люфт1}} &= 134,39 \text{ мм (с учетом люфта 0,04 мм «в плюс»),} \\ s_{\text{люфт2}} &= 134,31 \text{ мм (с учетом люфта 0,04 мм «в минус»).} \end{aligned}$$

Таким образом, получаем значения угла поворота с учетом люфта:

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= \arccos\left(\frac{s}{l_2}\right), \\ \varphi_{2\text{люфт1}} &= \arccos\left(\frac{134,39}{190}\right) = 44,98^\circ = 44^\circ 58,8', \\ \varphi_{2\text{люфт2}} &= \arccos\left(\frac{134,29}{190}\right) = 45,03^\circ = 45^\circ 1,8'. \end{aligned}$$

Разброс в угле поворота от $-1,2'$ до $1,8'$ нас устраивает с запасом по точности (допустимый допуск $\pm 30'$). Следовательно, класс точности ШВП C7 нас устраивает.

Для обеспечения поворота модуля будет использоваться схема с двумя ШВП. Выбор двух узлов ШВП обусловлен двумя факторами: первый – это снижение нагрузки на серводвигатель, что дает возможность выбора меньшего по мощности и, что немаловажно, по габаритам серводвигателя; второй – это обеспечение возможности выборки люфта двумя узлами ШВП, что повысит жесткость поворотного модуля при особо агрессивных режимах работы. Произведем расчет ШВП, обеспечивающего поворот модуля, по грузоподъемности. Момент серводвигателя рассчитывается по формуле:

$$M = \frac{F \cdot P_h}{2\pi\eta},$$

где M – момент серводвигателя, Н; F – поднимаемая масса, Н; P_h – шаг винта ШВП, м; η – КПД ШВП, равен 0,9.

Исходные данные для расчета: винт ШВП 32x10, $P_h = 0,01$ м; номинальный момент серводвигателя $M = 9$ Нм; масса модуля $F_{\text{мод}} = 2500$ Н.

Таким образом, необходимая сила, создаваемая при вышеописанных условиях равна:

$$F_{\text{дв}} = \frac{M \cdot 2\pi \cdot \eta}{P_h},$$

$$F_{\text{дв}} = \frac{9 \cdot 6,28 \cdot 0,9}{0,01} = 5089 \text{ Н.}$$

Отсюда получаем, что:

$$F_{\text{дв}} > F_{\text{мод}},$$

$$5089 \text{ Н} > 2500 \text{ Н.}$$

Это означает, что один двигатель способен поднять модуль с запасом по грузоподъемности в 2 раза. Такой запас по нагрузке даст возможность обеспечить хорошую жесткость узла и, соответственно, качество обрабатываемой этим модулем поверхности даже в условиях повышенной нагрузки.

Показанное предыдущим расчетом значение люфта для ШВП класса точности С7 равное 40 мкм недопустимо при механообработке (но допустимо для позиционирования по углу наклона), поскольку в этом случае будет наблюдаться повышенная шероховатость поверхности и высокая вероятность быстрого износа и поломки инструмента. Наличием двух узлов ШВП «выбирается» этот люфт путем разницы в пройденной дистанции левой и правой гайкой. Грубо говоря, происходит замыкание поворотной платформы «в распор».

Максимальная осевая нагрузка, которой может подвергаться ШВП, называется предельно допустимой нагрузкой:

$$F_k = 40720 \cdot \frac{f_k \cdot d_k^4}{l_s^2},$$

$$F_{k\text{max}} = 0,5 F_k,$$

где F_k – предельная нагрузка, кгс; $F_{k\text{max}}$ – макс. допустимая нагрузка, кгс; d_k – внутр. диаметр резьбы, мм; l_s – длина неподдерживаемой части винта, мм; f_k – поправочный коэффициент для различных типов креплений.

Схема опор для расчета – «фиксированная-свободная» [1].

$$d_k = 28,6 \text{ мм},$$

$$l_s = 200 \text{ мм},$$

$$F_k = 40720 \cdot \frac{f_k \cdot d_k^4}{l_s^2} = 40720 \cdot \frac{0,0625 \cdot 28,6^4}{200^2} = 42568 \text{ кгс.}$$

$$F_{k\text{max}} = 0,5 F_k = 0,5 \cdot 42568 = 21284 \text{ кгс.}$$

Предельно допустимая нагрузка на гайку ШВП $C_0 = 8010$ кгс.

Предельно допустимая скорость ШВП:

$$n_k = 2,71 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{f_n \cdot d_k}{l_s^2} \right),$$

$$n_{k\text{max}} = 0,8 \cdot n_k,$$

где n_k – предельная скорость, об/мин; n_{kmax} – предельно допустимая скорость, об/мин; d_k – диаметр винта по впадинам, мм; l_s – длина неподдерживаемой части винта, мм; f_n – поправочный коэффициент для различных типов креплений.

$$\begin{aligned} d_k &= 28,6 \text{ мм}, \\ l_s &= 200 \text{ мм}, \\ n_k &= 2,71 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{f_n \cdot d_k}{l_s^2} \right) = 2,71 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{0,147 \cdot 28,6}{200^2} \right) = 28483 \text{ об/мин}, \\ n_{kmax} &= 0,8 \cdot n_k = 0,8 \cdot 28483 = 22786 \text{ об/мин}. \end{aligned}$$

Скорость вращения винта ШВП ограничена скоростью вращения приводного сервомотора $n_{серво} = 4000$ об/мин.

$$\begin{aligned} n_{серво} &< n_{kmax}, \\ 4000 \text{ об/мин} &< 22786 \text{ об/мин}. \end{aligned}$$

Условие выполнено.

Основываясь на проведенных расчетах выбираются остальные составляющие поворотного модуля, такие как шкивы, подшипники, ременная передача.

Таким образом, был выбран принцип привода поворота для наклонного модуля, подобрано решение для позиционирования и регулировки модуля. Были подобраны комплектующие для решения задач привода и позиционирования. Проведены расчеты, подтверждающие надежность и работоспособность узлов.

1. Артоболевский, И. И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие. В 7 томах. Т. I: Элементы механизмов. Простейшие рычажные и шарнирно-рычажные механизмы. — 2-е изд., переработанное. — М.: «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1979 — 496 с.
2. Колесников, В.С., Севрюгин, С.Ю. Модернизация поворотного стола трансферного станка / В.С. Колесников, С.Ю. Севрюгин // Рецензируемый научный журнал «Тенденции развития науки и образования». Июль 2020 г. №63, Часть 2 Изд. НИЦ «Л-Журнал», 2020. - с. 29 – 33.

Пузырев Н.М., Мартынов Д.В., Барбашинова Н.Б., Емцев А.С.

Морфологический метод системного анализа в решении прикладных задач защиты от теплового излучения технологического оборудования в эргатических системах

*ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»
(Россия, Тверь)*

doi: 10.18411/trnio-09-2021-08

Аннотация

В решении проблем улучшения условий труда при эксплуатации тепловых установок необходимо учитывать множество факторов, условий, ограничений, образующих сложную взаимосвязанную структуру. Предлагается методика использования морфологического метода системного анализа при решении задач по защите персонала от теплового излучения технологического оборудования.

Ключевые слова: системный анализ, производственная безопасность, улучшение условий труда, защита от теплового излучения, морфологический метод.

Abstract

In solving the problems of improving working conditions during the operation of thermal installations, it is necessary to take into account many factors, conditions, restrictions that form a complex interconnected structure. The method of using the morphological method of system analysis in solving problems of protecting personnel from thermal radiation of technological equipment is proposed.

Keywords: system analysis, industrial safety, improvement of working conditions, protection from thermal radiation, morphological method.