

ACCURACY ANALYSIS IN METAL CUTTING PROCEDURE

The article focuses on the mathematical model of errors` forming mechanism in metal cutting procedure aimed at obtaining analytical dependence influence of input parameters on output accuracy of the tart machined.

Keywords: mathematical model, coordinate system, errors, static, dynamic tuning.

Васильев Владимир Леонидович — доцент кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент.

Иванов Евгений Николаевич — инженер кафедры «Технология машиностроения» ФГБОУ ВПО ПсковГУ.

УДК 621.4

М. С. Шерстюков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСКАЕМЫХ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ «РОЛИК РОМБОИДА — КУЛАЧОК» РОТОРНО-ЛОПАСТНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВНЕШНИМ ПОДВОДОМ ТЕПЛОТЫ

Приведена методика расчёта допускаемых контактных напряжений. Определён перечень факторов влияющих на значение допускаемых контактных напряжений.

Ключевые слова: кулачок, коэффициент долговечности, напряжения, средняя твёрдость поверхности.

В настоящее время в Псковском государственном университете проводятся научно-исследовательские работы по созданию нового теплового двигателя — роторно-лопастного с внешним подводом теплоты [1]. Одним из ответственных узлов двигателя является рычажно-кулачковый преобразователь движения, преобразующий вращательно-колебательное движение лопастей в однонаправленное равномерное вращение выходного вала. От надёжности работы этого узла зависит надёжность всего двигателя.

Основным элементом преобразователя движения является четырёхзвенный ромбoid, вершины которого *A, B, C, D* обкатывают кулачок (рисунок 1).

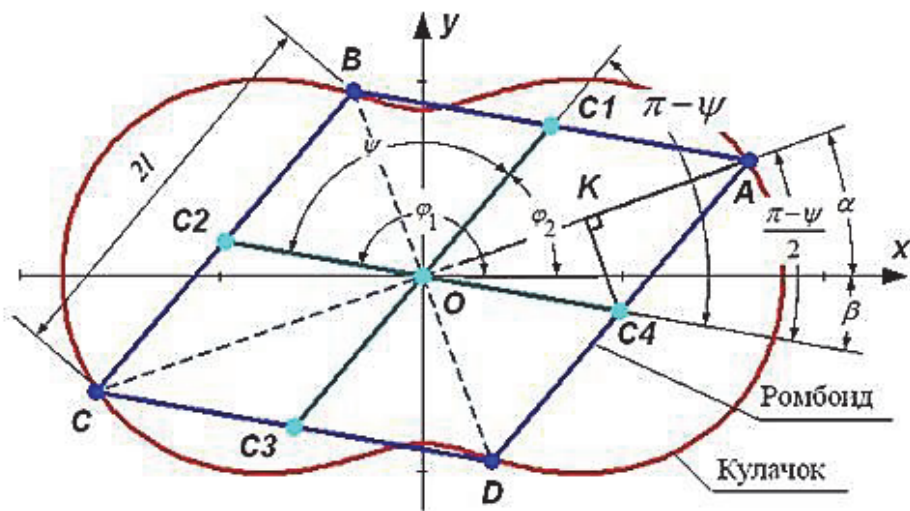


Рис. 1. Кинематическая схема ромбоида

В работе [2] запатентована следующая формула, описывающая профиль кулачка в полярных координатах ρ и α :

$$\rho(\alpha) = 2l \sin(a + b \cos 2\alpha) \quad (1)$$

где $2l$ — длина звена ромбоида; $a = (\pi/4)$, $b = [(\pi/4) - (\psi_{\min}/2)]$; ψ_{\min} — минимальное значение угла $\psi = \phi_1 - \phi_2$ между осями лопаток C_2C_4 и C_1C_3 (рис.1).

Кинематический анализ преобразователя движения, выполненный в работах [3], [4], [5], базировался именно на формуле (1).

Действительный кулачок, по которому катится ролик ромбоида радиусом r , имеет эквидистантный профиль, равноотстоящий по нормали n_α на расстояние r от теоретического профиля (рисунок 2).

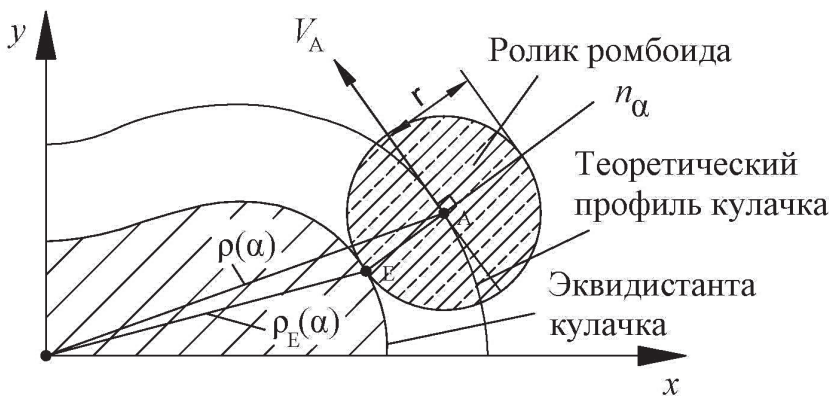


Рис. 2. Действительный профиль кулачка

При движении роликов по кулачку сила действует на малом участке поверхности, вследствие чего в поверхностном слое материала возникают высокие локальные напряжения и деформации, называемые контактными.

Целью настоящей статьи является определение перечня факторов, влияющих на допускаемое контактное напряжение пары «ролик ромбоида — кулачок».

Решение данного вопроса видится таковым. Напряжения, возникающие как на поверхности кулачка так и ролика, вычисляются по формуле Герца, полученной им применительно к модели контакта упруго сжатых круговых цилиндров:

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{q}{\pi \left[\frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2} \right]} \frac{\rho_1 + \rho_2}{\rho_1 \cdot \rho_2}}, \quad (2)$$

где $q = F/l_s$, F — реакция кулачка; l_s — ширина кулачка; E_1 — модуль упругости материала кулачка; E_2 — модуль упругости материала ролика; ν_1 — коэффициенты Пуассона материала кулачка; ν_2 — коэффициенты Пуассона материала ролика; ρ_1 — радиус кривизны ролика; ρ_2 — радиус кривизны кулачка.

Условие контактной прочности, которое должно выполняться во всех точках контакта ролика с кулачком, имеет вид:

$$\sigma_H \leq \sigma_{HP}, \quad (3)$$

где σ_{HP} — допускаемое контактное напряжение.

Допускаемое контактное напряжение вычисляется по формуле:

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} Z_R Z_V K_{HL}, \quad (4)$$

где σ_{Hlim} — предельное значение допускаемых контактных напряжений, соответствующее базовому числу циклов и зависящее от способа химико-термической обработки; S_H — коэффициент безопасности, зависящий от способа химико-термической обработки; Z_R — коэффициент учитывающий влияние шероховатости узла «ролики ромбоида — кулачок»; Z_V — коэффициент учитывающий влияние окружной скорости в точках контакта; K_{HL} — коэффициент долговечности.

Коэффициент учитывающий влияние шероховатости $Z_R = 1$ для $R_a = 0,63 \dots 1,25$ и $Z_R = 0,95$ для $R_a = 1,25 \dots 2,5$. Здесь R_a — шероховатость.

Коэффициент учитывающий влияние окружной скорости $Z_V = 0,85V_A^{0,1}$ при $N \leq 350\text{НВ}$ и $Z_V = 0,925V_A^{0,05}$ при $N > 350\text{НВ}$. Полученный коэффициент должен удовлетворять условию $Z_V \geq 1$.

Коэффициент долговечности вычисляется по формуле:

$$K_{HL} = \sqrt[6]{N_{HO}/N_{HE}}, \quad (5)$$

где $N_{HO} = 30HB^{2,4} \leq 120 \cdot 10^6$ — базовое число циклов контактных напряжений, здесь HB — средняя твёрдость поверхности контакта;

N_{HE} — эквивалентное число циклов нагружения вычисляется по формуле:

$$N_{HE} = L_h \cdot n \cdot 60 \cdot K_{рев}, \quad (6)$$

где L_h — моторесурс проектируемой передачи, час; n — частота вращения ролика, об/мин; $K_{рев} = 1$ — коэффициент реверсивности.

Моторесурс вычисляется по формуле:

$$L_h = L_{год} \cdot 365 \cdot K_{год} \cdot 24 \cdot K_{сут} \cdot ПВ, \quad (7)$$

где $L_{год}$ — число лет работы двигателя, год; $K_{год} = РД/365$ — коэффициент годового использования. Здесь $РД$ — число рабочих дней в году; $K_{сут} = РЧ/24$ — коэффициент суточного использования. Здесь $РЧ$ — число часов работы в сутки; $ПВ = РМ/60$ — коэффициент продолжительности включения в течение часа. Здесь $РМ$ — число минут работы в час.

Для определения частоты вращения ролика n исходим из следующих соображений. Ролики катятся по кулачку с линейной скоростью V_A , вектор которой направлен перпендикулярно нормали n_α в точке контакта (рисунок 2).

Зависимость линейной скорости V_A от угла поворота выходного вала установлена в [6]. Точка контакта E является мгновенным центром скоростей.

Ролик катится по кулачку с угловой скоростью, вычисляемой по формуле:

$$\omega_p = V_A/r, \quad (8)$$

где r — радиус ролика.

В свою очередь, угловая скорость вычисляется по формуле $\omega_p = \pi n/30$, выражая n имеем формулу для вычисления частоты вращения:

$$n = 30V_A/\pi r \quad (9)$$

Далее по (5) вычисляем коэффициент долговечности, на который накладываются следующие ограничения:

$$1 \leq K_{HL} \leq K_{HLmax}, \quad (10)$$

где K_{HLmax} — максимальное значение коэффициента долговечности, зависящее от способа химико-термической обработки. Если $K_{HL} < 1$, то принимаем $K_{HL} = 1$.

Выводы

Рассмотрен перечень факторов, таких как шероховатость, окружная скорость, химико-термическая обработка, влияющих на допускаемое контактное напряжение при расчёте на прочность контактной пары «ролик ромбоида — кулачок». Приведены диапазоны значений параметров влияющих на выбор ко-

эффициентов, при определении допускаемого контактного напряжения. Приведена методика расчёта на прочность по контактными напряжениям.

Литература

1. Лукьянов Ю. Н., Журавлев Ю. Н., Плохов И. В. и др. Роторно-лопастной двигатель с внешним подводом тепла. Патент РФ №2387844 от 28.05.2009.
2. Лукьянов Ю. Н., Журавлев Ю. Н., Плохов И. В. и др. Механизм для преобразования движения. Патент РФ №2374526 от 01.10.2007.
3. Гринёв Д. В., Донченко М. А., Перминов А. Л., Иванов А. Н. Обзор и анализ рычажных механизмов преобразования движения для роторно-лопастных машин. Известия ТулГУ. Технические науки: Вып. 1. Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. Ч. 1. С. 28–34.
4. Гринёв Д. В., Донченко М. А., Журавлев Ю. Н., Перминов А. Л. Синтез и кинематический анализ рычажно-кулачкового механизма преобразования движения роторно-лопастного двигателя с внешним подводом тепла. Справочник. Инженерный журнал. 2008. №12. С. 30–35.
5. Гринёв Д. В., Донченко М. А., Журавлев Ю. Н. Кинематический анализ рычажно-кулачкового механизма преобразования движения роторно-лопастного двигателя с внешним подводом тепла. Сб. науч. трудов XV международной научно-технической конференции. «Машиностроение и техносфера XXI века» в г. Севастополе 15–20 сентября 2008 г. Донецк: ДонНТУ, 2008. Т. 1. С. 264–268.
6. Разработка математической модели протекания термодинамического цикла с внешним подводом тепла, позволяющей создать экологически чистый двигатель роторно-лопастного типа: Отчёт по НИР /ФГУП «ВНТИЦ»; Руководитель И. В. Плохов. УДК 621.486, № государственной регистрации 01200850182.2008. Ч. 1–3.

M.S. Sherstyukov

DETERMINATION OF ALLOWED CONTACT TENSION IN SYSTEM «THE RHOMBOID ROLLER-CAM» OF THE ROTARY BLADE-ENGINE WITH AN EXTERNAL HEAT SUPPLY

The design procedure of allowed contact tension is given in article. The list of factors of allowed contact tension influencing value is defined.

Keywords: cam, factor of durability, tension, average hardness of a surface.

Шерстюков Михаил Сергеевич — ассистент кафедры «Строительной механики», аспирант кафедры «Технологии машиностроения» ФГБОУ ВПО ПсковГУ.