

А. К. ПОГОСЯН, Н. Г. МЕЛИКСЕТЯН, Н. А. ЛАМБАРЯН

РАСЧЕТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ИЗНАШИВАНИЯ
ФРИКЦИОННЫХ НАКЛАДОК

При оценке долговечности фрикционных накладок тормозов рекомендуется пользоваться критерием энергетической интенсивности изнашивания, который выражается следующим соотношением [1]:

$$I = kA_s / LF, \quad (1)$$

где k — толщина изношенного слоя накладки; A_s — номинальная площадь контакта; L — путь трения; F — сила трения.

На стадии предварительного расчета износу тормозов k является неизвестным параметром и представляется необходимым разработать методику ее расчета, особенно в режиме интенсивного изнашивания накладок при сравнительно высоких нагрузках и температурах.

В работе [2] установлено, что наиболее полностью явление высоко-температурного разрушения накладок возможно объяснить, основываясь на концепции деляминационной теории разрушения поверхностей. В этой теории зависимость для расчета k выведена на основе анализа дислокационных процессов и напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев, тогда как k для фрикционных накладок следует определить только на основе анализа напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев, поскольку процесс их разрушения не сопровождается дислокационными процессами полимерного связующего.

Расчет высокотемпературного изнашивания фрикционных накладок сведется к разработке физической модели разрушения, выявления расчетной схемы на основе этой модели и вывод зависимости для расчета k с использованием соотношений теории деляминационного изнашивания, описывающих напряженно-деформированное состояние поверхностных слоев.

Физическая модель изнашивания накладок на основе результатов работы [2] представляется следующим образом (рис. 1).

В начальный период трения по адсорбированной на поверхности контактного пленке толщиной δ_0 происходит упруго-пластическая деформация поверхностных слоев накладок и в местах дискретного контактирования возникают источники тепла вследствие преобразования механической энергии (рис. 1 а). С повышением теплонагруженности фрикционного контакта за счет генерируемой тепловой энергии, в зоне контакта протекают механохимические, структурные и фазовые превращения, процессы фрикционного переноса и формируется рабочий слой, отличающийся по своим свойствам от основного материала (рис. 1 б). По мере

увеличения поверхностной температуры эти процессы и превращения интенсифицируются, изменяется динамика термического расширения поверхностных слоев и в итоге, под действием существующих напряжений в подповерхностном рабочем слое образуются поры и трещины (рис. 1, в). Температура между основным материалом и рабочим слоем постепенно увеличивается и когда достигает 200... 250°С, рабочий слой растрескивается. Образуются тонкие лепестковые продукты износа, которые далее экструдированы из зоны трения (рис. 1 г).

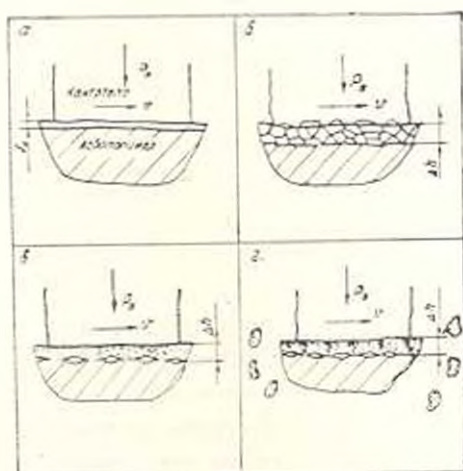


Рис. 1. Физическая модель изнашивания асбестополимера: а — трение по адсорбционной пленке; б — формирование рабочего слоя; в — образование подповерхностных пор и трещин; г — образование лепестковых продуктов износа.

Состояние поверхностных слоев накладок при высокотемпературном режиме изнашивания будет определяться наличием в рабочем слое подповерхностных трещин, у краев которых действуют нормальные σ и касательные τ напряжения, способствующие распространению трещин и сепарации рабочего слоя от основного материала накладки. В этих условиях наиболее полностью состояние рабочего слоя накладки имитируется по модели рис. 1 и, что и являлось основой для построения расчетной схемы (рис. 2 а).

Здесь рассматривается подповерхностная трещина длиной $2a$ на глубине Δh под углом β по отношению вектора нормального усилия P_n , принимая, что единичные выступы шероховатости поверхности контртела образуют автономные контактные зоны. Согласно деламационной теории напряжения σ и τ определяются соотношениями [3]:

$$\begin{cases} \sigma = - |2P_n \cos(\gamma - \beta) \cos^2 \beta| / \pi \Delta h \cos \gamma; \\ \tau = - |2P_n \cos(\gamma - \beta) \cos \beta \sin^2 \beta| / \pi \Delta h \cos \gamma, \end{cases} \quad (2)$$

где γ — угол трения; P_n — удельное давление.

Выразив $\cos \gamma$ и $\cos \beta$ через $\operatorname{tg} \gamma$ и $\operatorname{tg} \beta$, преобразуем (2) к виду:

$$\begin{cases} t_1 = -(1 + \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \beta) / (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)^2; \\ t_2 = -(1 + \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \beta) \operatorname{tg} \beta / (1 + \operatorname{tg}^2 \beta)^2. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь $\operatorname{tg} = x/y$ — характеристика относительного расстояния от контакта, $\operatorname{tg} \gamma$ — коэффициент трения, левая часть уравнений определяет напряженность фрикционного контакта в зависимости от глубины, начиная с поверхности трения, а правая часть — геометрию расположения поверхностной трещины, $t_1 = -\Delta h : 2Pa$ и $t_2 = -\Delta h : 2Pa$.

Исследование функций t_1 и t_2 проводилось на ЭВМ „Наирн-2“ при коэффициентах трения $\operatorname{tg} \gamma = 0,2, 0,3$ и $0,4$ в интервале $\operatorname{tg} \beta = -3 \dots 3$.

Законы распределения функций t_1 и t_2 (напряжений τ и σ), а также расположение трещин в рабочем слое фрикционных накладок для случая $\operatorname{tg} \gamma = 0,3$ показаны на рис. 26.

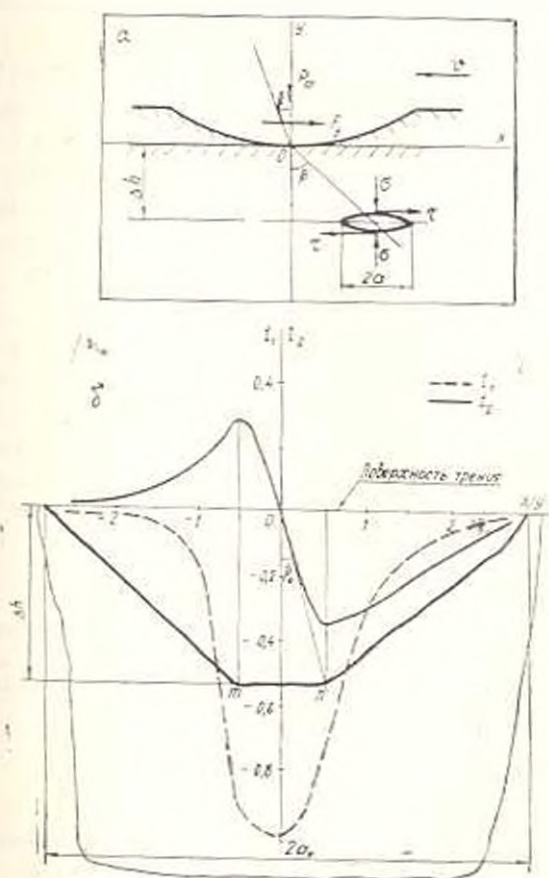


Рис. 2. А — расчетная схема; б — закон распределения напряжений в поверхностном слое

Функция t_1 принимает экстремальное значение при $\operatorname{tg} \beta = 0$, т. е. наибольшие значения напряжений σ действуют в точках, находящихся на

оси вектора P . Экстремальные значения напряжений τ получаются при $\operatorname{tg} \beta = [0.5]$, что соответствует значению $\beta_0 = 26^\circ$ для показанного случая. В точках m и n , которые соответствуют экстремальным значениям τ , происходит смыкание подповерхностных горизонтальных и вертикальных трещин, в результате которого образуются лепестковые продукты износа. Это предположение согласуется также с результатами, приведенными в работе [4], где, в частности, показано, что угол направления распространения трещины по отношению к вертикали изменяется в пределах от 0° до 20° и тенденция к пересечению вертикальной трещины с горизонтальной приводит к деламинационному разрушению материала поверхностного слоя.

Исходя из рис. 2б, величина Δh определится следующим образом:

$$\Delta h = mn \cdot 2 \operatorname{tg} \beta_0 \quad \text{или} \quad \Delta h = a_0 \cdot 6 \operatorname{tg} \beta_0, \quad (4)$$

где β_0 — угол расположения подповерхностной трещины, соответствующий максимальным значениям напряжений τ ; a_0 — половина длины подповерхностной трещины в зоне контакта и представляет половина длины лепестковых продуктов износа; $mn = a_0^2/3$.

Величина Δh , рассчитанная по формуле (4), представляет толщину одного изношенного рабочего слоя на пути трения L_0 , необходимого для съема со всей поверхности фрикционной накладки одного рабочего слоя. Если в формулу (1) вместо параметра h подставить Δh и предположить, что на общем пути трения L (ресурс работы пары трения) всего изнашиваются k слоев, то в окончательном виде получим

$$L = k a_0 A_0 \cdot 6 L_f \operatorname{tg} \beta_0. \quad (5)$$

Величина k для каждой фрикционной композиции зависит от конкретных значений эксплуатационных параметров и размеров накладки. Предварительно k определяется из соотношения $K = L/\Delta h_{\text{ср}}$, где L — толщина накладки, $\Delta h_{\text{ср}}$ — средняя величина изношенного рабочего слоя, которая определяется экспериментально, на основе анализа размеров продуктов износа в результате испытаний по ГОСТ 23210—80.

ЕрПН им. К. Маркса

23.1.1987

Ա. Կ. ՊՈՂՈՍՅԱՆ, Ե. Դ. ՄԵԼԻՔՍԵՅԱՆ, Ե. Ս. ԼԱՄԻՐՅԱՆ

ՇՓԱԿԱՆ ՆԵՐԴՐՆԵՐԻ ԲԱՐՁՐ ԶԵՐԱՍՏԵՃԱՆԱՅԻՆ
ՄԱՇՎԱՅՈՒԹՅԱՆ ՀԱՇՎԱՐԿԸ

Ա մ փ ո փ ու լ մ

Աշխատանքում բերված է տարապղծմերային կոմպոզիցիոններից պատրաստված արգելակային ներդրների բարձրընթացատիճանային մաշվածության խնդրի լուծումը: Բացահայտված է, որ ներդրների մաշվածությունը որոշվում է նրանց մակերևույթների լարվածային-դեֆորմացիոն վիճակով և կլնելով մաշման դերաժինադիոն տեսության դրույթներին՝ դուրս է բերված հաշվարկային բանաձև մաշվածությունը պնահատելու համար:

1. Крайдовский Н. В. Трение и износ.—М.: Машиностроение, 1968—480 с.
2. Петросян А. К., Меликсетян Н. Г., Лажбарян Н. А. Высокотемпературное изнашивание фрикционных асбодоплимерных материалов //Трение и износ.—1983—Т. 4, № 6—С. 1090—1098.
3. Suh N. P. The Delamination Theory of Wear. //Wear. — 1973. — V. 25. — P. 111—124.
4. Hills D. A., Ashelby D. W. The Initiation of Wear cracks. //Wear. — 1981. — V. 70. № 3. — P. 365—371.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. ХLI, № 1, 1988

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Г. Л. ПЕТРОСЯН

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРОВ

В работе [1] приведен расчет на прочность тонкостенных трубчатых титановых фильтров заданной пористости, нагруженных всесторонним давлением p_v и внутренним перепадом давления p . При этом была не использована методика расчета на прочность порошковых материалов и изделий [2]. Целью настоящей работы является развитие методики расчета на прочность порошковых материалов и анализ данных предельных давлений фильтров.

В основе нижеприведенного исследования лежит метод расчета на прочность [1, 2] с некоторым усовершенствованием методики определения величины предельного напряжения σ . В большинстве случаев материал порошковых фильтров работает на растяжение, но т. к. порошковые материалы, особенно высокой пористости, плохо работают на растяжение, то аналогичные испытания пористых образцов не позволяют точно определить механические характеристики материала. Поэтому предлагается новая методика определения предельного напряжения без испытания образцов на растяжение. При этом используется основной вид испытания пористых материалов—испытание на одностороннее сжатие, которому подвергались цилиндрические и призматические образцы, вырезанные из титановых фильтров. Увеличение степени сжатия осуществлялось ступенчатым нагружением. До нагружения образцов измерялись их начальные размеры (для цилиндрических d_0, h_0 , а для призматических h_0, a_0, b_0) и массы G , а после каждой ступени нагружения текущие размеры образцов и определялась соответствующая сила их деформирования F . На основании опытов построены кривые $\sigma - \epsilon$ и диаграммы сжатия $\sigma - \epsilon$, где $\sigma = \frac{F}{A}$ — осевое напряжение, $\epsilon = \ln \frac{h}{h_0}$ — осевая пластическая деформация.