

УДК 621.178.3:678.5

М. Г. СТАКЯН, С. А. КРОЯН, Г. А. МАНУКЯН, А. С. МНАЦАКАНЯН

ПОВЫШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ВОЗДУХЕ И В КОРРОЗИОННЫХ СРЕДАХ ПРИМЕНЕНИЕМ КОНСТРУКЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КЛЕЕВ

Рассматривается влияние на сопротивление усталости слоя полимерного композиционного клея марки ГИПК II—II, нанесенного на рабочую поверхность деталей типа валов и осей в зоне концентрации напряжений. Проведены сравнительные испытания на усталость образцов с покрытием и без него при переменном сложно-напряженном состоянии на воздухе и в пресной воде. Для количественной оценки повышения сопротивления усталости образцов с покрытием предложены коэффициенты $\beta_{\text{вп}}$ и $\beta_{\text{вд}}$, которые учитывают влияние клея в широком диапазоне долговечностей и переменной нагрузки. Показано, что применение покрытий эффективнее при наличии коррозионной среды и высокой концентрации напряжений.

Ил. 3. Табл. 1. Библиогр.: 4 назв.

Պիտարկված է լինելու և ավելի տրոփ մերեքամասերի բաժնորական մակերեսայինների շարումների կոտակման գտում ԳԻՊԿ II—II մակերիշ պոլիմերային կառուցվածքային սուսնից քաշերտի ազդեցությունը հոգնածային դիմադրության վրա: Փոփոխական բարդ լարվածային վիճակի դեպքում օդում և ջրում կատարված են պոզպատե փորձանմուշների (քաշերտով և առանց դրա) համեմատական հոգնածային փորձարկումներ: Հոգնածային դիմադրության բարձրացման քանակական գնահատման համար առաջադրված են $\beta_{\text{վ}}$ և $\beta_{\text{ՎԾ}}$ դրձակիցները, որոնք հաշվի են առնում քաշերտի ազդեցությունը երկարակեցության և գերլարվածների մեծ սահմաններում: Յուրյ է մրված, որ քաշերտի ազտազորման արդյունավետությունը բարձր է կոռոզիոն միջավայրի ազդեցության և լարումների մեծ կոտակման դեպքում:

Одним из перспективных направлений в области восстановления и повышения сопротивления усталости деталей машин является обработка их поверхностей нанесением слоя полимерного композиционного клея. Разработанные в последнее время клеи на основе эпоксидных смол обладают высокой статической прочностью и способностью создавать на металлических поверхностях слой с высокими адгезионными свойствами, выдерживающие длительное воздействие периодического нагружения. Их свойство «выглаживать» поверхностные неровности, всевозможные дефекты технологического и эксплуатационного характера, являющиеся основными источниками возникновения и развития усталостных микротрещин, а также сравнительно низкая себестоимость и несложная технология получения этих слоев без применения дорогостоящего оборудования выдвигает этот способ на первый ряд из всех альтернативных вариантов восстановления поврежденных деталей. Способность выдерживать длительное коррозионное воздействие среды в некоторых случаях делают этот способ незаменимым, что диктует необходимость наряду с разработкой эффективной технологии нанесения слоев создать методику расчета для количественной оценки эффекта

восстановления и повышения сопротивления усталости деталей, обработанных этим способом.

Испытаниям на усталость деталей с полимерным клеем свойственно значительное рассеяние изучаемых параметров, что связано с особенностями протекания процесса усталостного разрушения в среде «полимерный клей—металл», а также действием неконтролируемых факторов от неидентичности свойств ингредиентов композиционного клея и проведения процесса полимеризации, вызывающие разную степень адгезии и вариацию механических свойств самого клея. Это предполагает применение вероятностных методов оценки характеристик сопротивления усталости в реальном диапазоне циклических долговечностей.

Для количественной оценки влияния покрытий предложены коэффициенты β_m и β_{N_0} [1] для вероятностной оценки прочности и долговечности, которые основаны на уравнении семейства квантильных кривых усталости

$$\lg N = (\lg \bar{N} + z_p s_{N'}) - (\bar{m} + z_p s_m) (\lg z - \lg \bar{z}) = C - m \lg z, \quad (1)$$

где $C = (\lg \bar{N} + z_p s_{N'}) + \lg \bar{z} (\bar{m} + z_p s_m)$, $m = \bar{m} + z_p s_m$ — основные параметры кривой усталости, соответствующие заданному уровню вероятности разрушения $P(N)$.

Аналогично [1, 2], коэффициенты β_m и β_{N_0} являются функциями от N , σ и $P(N)$. В зависимости от размеров и взаимного расположения областей рассеяния циклических долговечностей, а также абсцисс точек перелома N_0 сопоставимых кривых усталости существуют зоны долговечностей и перенапряжений, в пределах которых структура этих функций неизменна и при использовании уравнения (1) они имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} N < N_0 - \lg \beta_m &= S_1 = M_1 \lg N; \\ N > N_0 - \lg \beta_m &= S_2 + M_2 \lg N; \\ z \gg z_R - \lg \beta_{N_0} &= \Delta C_1 + \Delta m_1 \lg z; \\ z < z_R - \lg \beta_{N_0} &= \Delta C_2 + \Delta m_2 \lg z, \end{aligned} \quad (2)$$

$$(3)$$

где коэффициенты S , ΔC учитывают уровень, а M , Δm — интенсивность эффекта упрочнения от наличия клея.

Проведены сравнительные испытания на усталость образцов из стали 45 в нормализованном состоянии ($d = 12$ мм, $D = 14$ мм, $\sigma_u = 680$ МПа) с V -образным контурным надрезом, имитирующим усталостную трещину ($r_n = 0,4$ мм, $r_e = 2,85$), и галтелью ($r_1 = 0,6$ мм, $r_2 = 1,92$) с покрытием и без него (рис. 1). В качестве покрытия применяется полимерный композиционный клей на основе эпоксидных смол ГИПК 11—11 производства Кирово-Волжского НИО «Полимерклей». Образцы нагружались комбинированным циклическим изгибом и статическим кручением с постоянным отношением касательных и нормаль-

ных напряжений $\tau/\sigma = 0,6$, соответствующим регулярному режиму нагружения валов передаточных механизмов. Испытания реализованы на машине, работающей по принципу замкнутого силового контура и снабженной специальной коррозионной камерой [3]. В таблице представлены статистические параметры уравнения (1) для сравнительных испытаний.

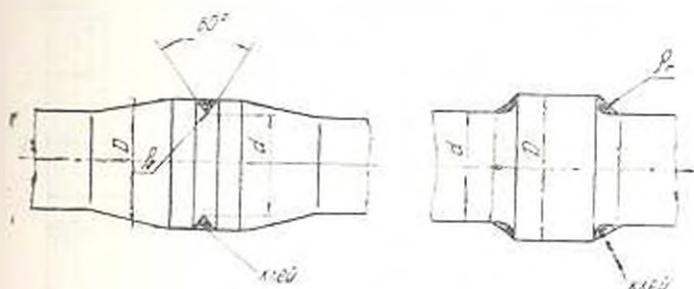


Рис. 1. Конструкции рабочей зоны образцов: а — с V-образным контурным надрезом; б — с галтелью.

Таблица

Конструкция образцов и условия испытания		m	\bar{C}	$\overline{\lg \sigma}$	$\lg N$	$\beta_{\text{оп}}$	$\beta_{\text{нп}}$	$\beta_{\text{эф}}$		
Выточка	воздух	исходный	7,3910	22,1191	2,2481	5,5259	1,0320	0,1668	0,9461	
		с клеем	8,2475	24,3215	2,2593	5,6871	0,9608	0,1330	0,9616	
	исходный	исходный	5,6795	18,9190	2,2614	6,0752	0,6124	0,1383	0,9138	
		с клеем	5,7325	19,2415	2,3392	5,8320	0,7694	0,1655	0,9424	
Галтель	пресная вода	исходный	$N < N_0$	3,0176	12,4947	2,2106	5,8241	0,2272	0,1012	0,9600
			$N > N_0$	8,2224	23,3901	2,0179	6,7978	0,6513	0,1159	0,9729
	с клеем	$N < N_0$	3,9036	14,6254	2,2418	5,8785	0,5885	0,1681	0,9059	
		$N > N_0$	8,2765	24,0848	2,0889	6,7961	1,1451	0,1589	0,9312	

В связи с разной степенью рассеяния $\lg N$ сравнительных испытаний дисперсия величин $\beta_{\text{оп}}$ и $\beta_{\text{нп}}$ переменна, а их вероятностные значения на уровне пределов выносливости максимально расходятся от аналогичных медианных значений. Эффект повышения сопротивления усталости по напряжениям, оцениваемый функциями (2), для испытаний с V-образной выточкой и галтелью соответственно составляет: $\beta_{\text{оп}} = 1,1-1,18$ и $1,05-1,1$, что свидетельствует об эффективности применения клея (рис. 2а, 3а). Повышение сопротивления усталости по долговечности несколько выше ($\beta_{\text{нп}} = 1,17-2,5$ и $1,1-2$), что следует из закономерностей развития процесса усталостного разрушения конструкционных материалов, описывающегося гиперболической зависимостью степени m между σ и N (рис. 2б, 3б). Как видно, эффект покрытия усиливается при наличии более высокой

концентрации напряжений: $\beta_{ст.в} > \beta_{ст.г}$, $\beta_{Nи.в} > \beta_{Nи.г}$, что указывает на приемлемость метода при восстановлении деталей с дефектами (трещинами), образованными в процессе эксплуатации под воздействием периодических нагрузок.

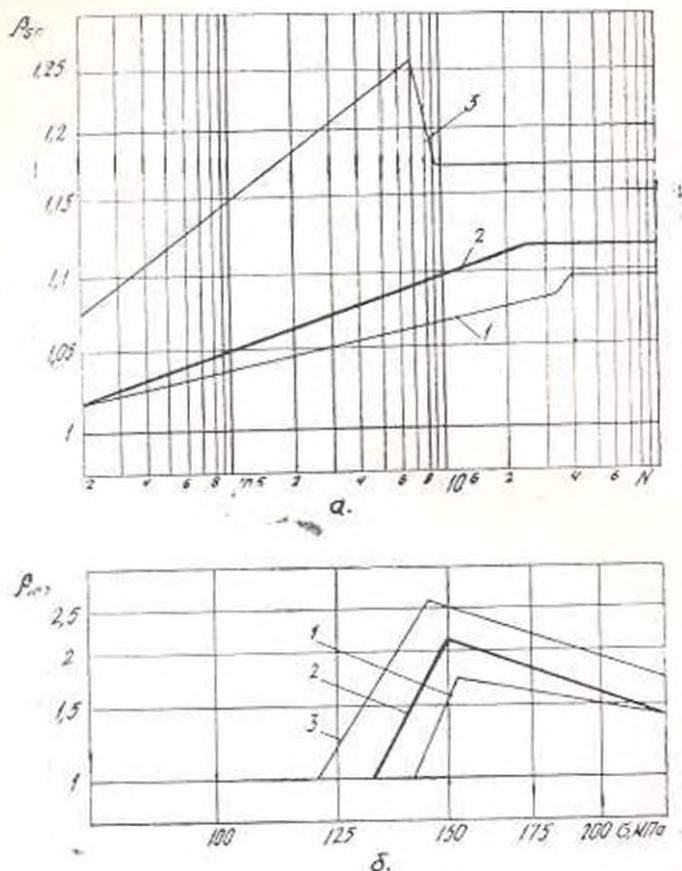


Рис. 2. Графики зависимостей $\beta_{ст} = f_1 \{N, P(N)\}$ и $\beta_{Nи} = f_2 \{\sigma, P(N)\}$ для выточки на воздухе при $P(N) = 0.1, 0.5$ и 0.999 (1, 2, 3).

Проведены также коррозионные испытания образцов с галтелью в пресной воде при $\sigma_0 = 0,6$ (таблица). Некоторое расхождение видов функций $\beta_{ст.кор}$ и $\beta_{Nи.кор}$ от аналогичных для испытаний на воздухе связано со ступенчатым расположением областей $\lg N$ при коррозионных испытаниях, если рассматривается интервал долговечностей $N = 10^4 - 10^8$; при этом процессы усталостного разрушения описываются двумя семействами кривых усталости (1) раздельно в зонах $N \leq N_0$ [4]. Количественная оценка проводилась аналогично (2), (3) и получены результаты влияния покрытия при наличии коррозионной среды ($\beta_{ст.кор} = 1,15 - 1,2$, $\beta_{Nи.кор} = 2 - 6$) (рис. 3). Применение полимерного композиционного клея для повышения прочности и долговечности деталей, работающих в коррозионных средах, более целесообразно, что

объясняется двумя факторами: а) снижением начального эффективного коэффициента концентрации напряжений K_{σ} ; б) замедлением процессов коррозионно-усталостного разрушения при наличии антикоррозионного покрытия, исключающего контакт среды с поверхностью металла.

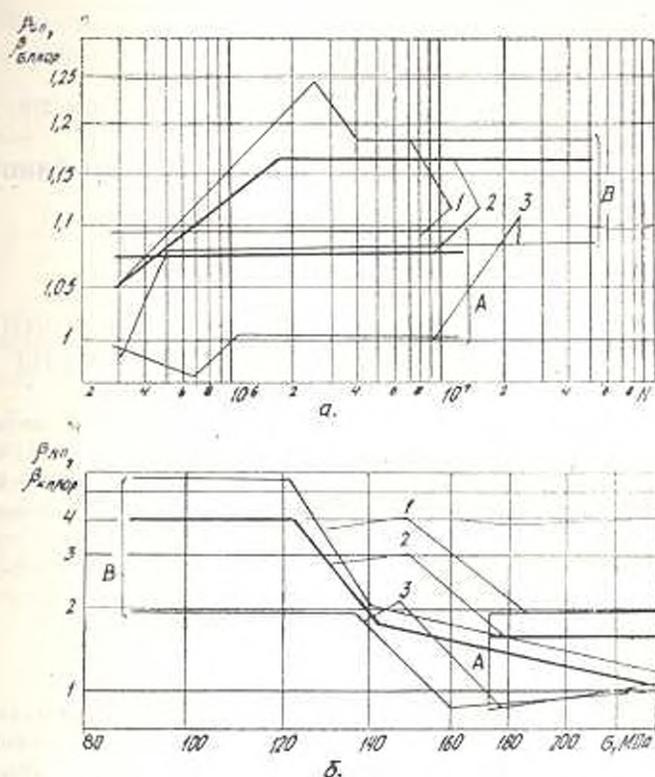


Рис. 3. Графики зависимостей $\bar{\sigma}_{\text{ед}} \cdot \bar{\sigma}_{\text{н.кор}} = f_3[N, P(N)]$ и $\bar{\sigma}_{\text{ед}} \cdot \bar{\sigma}_{\text{н.кор}} = f_4[\sigma, P(N)]$ при $P(N) = 0,1, 0,5$ и $0,999$ (1, 2, 3): А — на воздухе; В — в пресной воде.

Предложенная методика повышения сопротивления усталости деталей из конструкционных сталей применением композиционных клеев наряду с традиционными может быть использована как в процессе конструирования новых типов машин, так и при ремонтно-восстановительных работах, как эффективное средство для «вылечивания» усталостных повреждений деталей, работающих под воздействием длительного периодического нагружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стахан М. Г., Манукян Г. А. Вероятностная оценка сопротивления усталости деталей, работающих в коррозионных средах // Теория и конструирование машин: Межвуз. тем. сб. науч. тр. по маш.— Ереван: Изд-во ЕрПИ, 1986.— С. 21—25.
2. Стахан М. Г., Исаханян И. С. Циклическая прочность и долговечность шпоночных соединений // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.— 1982.— Т. 35, № 4.— С. 8—15.

3. Мамулян Г. А., Стакян М. Г. Оценка сопротивления коррозионной усталости образцов при сложном-напряженном состоянии // Завод. лаборатория.— 1989.— Т. 55. № 2.— С. 80—82.
4. Стакян М. Г., Мамулян Г. А. О форме кривой коррозионной усталости при сложном напряжении // Изв. АН АрмССР. Сер. ТН.— 1989.— Т. 42, № 5.— С. 213—218.

ЕрПИ им. К. Маркса

15. VI. 1989

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XLII, № 6, 1989, с. 268—272

МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 539.3.621.89

Г. Дж. КОЧИНЯН, Г. Б. НАЛБАНДЯН

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВЕДОМОГО ДИСКА ФРИКЦИОННОЙ МУФТЫ

В цилиндрической системе координат рассмотрена температурная осесимметричная задача ведомого диска фрикционной муфты ГМП. Для определения напряженно-деформированного состояния получены дифференциальные уравнения. Рассмотрены три случая: 1. Температура и коэффициент трения материала диска постоянные; 2. Температура по радиусу и коэффициент трения от температуры меняются по линейному закону; 3. Температура по радиусу меняется по линейному закону, а коэффициент трения зависит от температуры по экспоненциальному закону. Решен численный пример для автопогрузчика модели 40912.

Ил. 1, Табл. 2. Библиогр.: 5 назв.

Կլանային կարգինատային համակարգում դիտարկված է հիդրոմեխանիկական փոխանցման ստիֆ շփական կցորդին տարվող սկավառակի առանցքահամաչափ շերտային խեղդրը: Կարճածային-ղեկերմացիոն վիճակը բացահայտելու համար ստացված են ղեկերենցիալ հավասարումներ: Գիտարկված է երեք դեպք. 1. Ջերմաստիճանը և սկավառակի նյութի շփման գործակիցը հաստատուն են, 2. Ջերմաստիճանը ըստ շառավիղի և շփման գործակիցը ըստ շերտաստիճանի փոխվում են զծային օրենքով, 3. Ջերմաստիճանը ըստ շառավիղի՝ փոխում է օրենքով, իսկ շփման գործակիցը ըստ շերտաստիճանի՝ էքսպոնենցիալ օրենքով:

40912 մակնիշի ավտոբեռնիչի համար լուծված է թվային խնդիր:

При эксплуатации автопогрузчика в момент трогания, а также при работе в режиме ползучего хода происходит интенсивное буксование между ведомыми и ведущими дисками. В зоне буксования генерируется большое количество теплоты, которая оказывает непосредственное влияние на долговечность фрикционных дисков и коэффициент трения трущихся пар [1, 2].

Целью данной работы является определение влияния неравномерного температурного поля на напряженное состояние фрикционных муфт, применяемых в гидромеханических передачах (ГМП). Схема внешних нагрузок представлена на рисунке. Задачу напряженно-деформированного состояния для круглых дисков удобнее решать в цилиндрической системе координат. В основу дальнейших расчетов берется гипотеза недеформированных нормалей [3], согласно которой напряжение