

ТРИБОФАТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ

Алиев А. А.

Национальная Академия Авиации, г. Баку, Азербайджан

Защитные лакокрасочные покрытия (ЛКП) машин и агрегатов в процессе их эксплуатации претерпевают периодическое воздействие растягивающих и изгибающих нагрузок, вызывающих усталостные микроразрывы плёнки. В этой связи при выборе лакокрасочных материалов возникает необходимость прогнозирования долговечности покрытий.

Стандартизированная методика определения долговечности тонких полимерных плёнок пока отсутствует [1], но так как практически любая нагрузка при достаточно большом количестве циклов нагружения может привести к усталостному разрушению полимеров, то прогнозирование сводится к определению предела ограниченной выносливости σ_{RN} при некотором числе циклов N [2].

На практике необходим простой оценочный расчёт количества циклов N , выдерживаемых материалом при заданной эксплуатационной нагрузке. Этой цели удовлетворяют уравнения эмпирических усталостных кривых типа:

$$\sigma_{RN}=f(N) \quad (1)$$

Одной из разновидностей усталостных испытаний системы «подложка – ЛКП» являются трибофатические (износусталостные) испытания металлополимерных сопряжений, где на упругое полимерное покрытие на подложке через шарик-индентор прилагается вертикальная нагрузка, создающая в плёнке двухосное напряжённо-деформированное состояние (НДС). Шарик, возвратно-поступательно перемещаясь по поверхности ЛКП, вызывает перед собой симметрично-циклические волны деформации («тропи»). Схожесть кинетики процесса трибофатических испытаний (двухосное НДС) с комбинированными испытаниями «изгиб+растяжение» [3] позволяет ставить задачу перехода от испытаний полимеров к аналогичному режиму трибофатического нагружения.

Уравнения типа (1) отражают кинетику усталостного повреждения при одноосном НДС, поэтому необходимо привести сложное состояние к эквивалентному по усталостной повреждаемости одноосному состоянию [4]:

$$\sigma_{\text{эkv}}=2\tau_{\text{max}}\approx 2\sigma/3 \quad (2),$$

где τ_{max} и σ – максимальное касательное и нормальное напряжения в зоне контакта.

Целью настоящей работы является экспериментальное определение регрессионной зависимости ограниченной выносливости ЛКП $\sigma_{RN}=f(N)$ с помощью трибофатических испытаний для её дальнейшего прогнозирования.

В качестве исследуемого ЛКП был выбран двухкомпонентный полиэфируретановый лак (ПЭУЛ), разработанный Национальной Академией Авиации [5]. Образец – пластина $40\times 100\times 1$ мм из Д16 со слоем лака толщиной $h_0=50$ мкм.

Испытания велись на трибомашине UMT-2 TriboLab (BRUKER, США) в условиях возвратно-поступательного движения.

Поскольку продукты разрушения поверхностных слоёв накапливаются на площадках контакта, это приводит к многократному увеличению напряжений в слоях плёнки [6,7]. В этой связи при испытаниях фиксировали начальное значение нормальной нагрузки F_N и динамику её изменения, пошагово повышая начальную нагрузку в каждом новом испытании. Начальные нагрузки составляли $F_N=1; 5; 10, 20$ и 50 Н при постоянной частоте перемещения образца $v=4$ Гц. На образце выбирались 10 участков 5×5 мм для проведения испытаний.

В процессе непрерывно фиксировались время (t , с), износ (w , мм), фактическая нагрузка в зоне контакта (F_N , Н). За критерий разрушения принимали число циклов N до полного истирания слоя покрытия вплоть до подложки ($w=h_0$).

Число циклов рассчитывали по формуле $N=tv$. После истирания покрытия на испытуемом участке шарик перемещали на следующий участок. Полученные экспериментальные значения использовали для расчёта НДС в зоне контакта и построения графической зависимости поциклового изменения $\sigma_{RN}=f(N)$.

Обобщение экспериментальных данных по определению долговечности может быть выражено расчётной зависимостью типа:

$$\sigma_{RN}=\sigma_B-A*\ln(N) \quad (3)$$

откуда

$$N=\exp((\sigma_B-\sigma_{RN})/A) \quad (4)$$

где σ_B – предел прочности материала ЛКП, МПа; A – константа материала, характеризующая скорость падения выносливости.

В нашем случае выражения (3) и (4) (при коэффициенте корреляции $r^2=0,994$) примет вид:

$$\begin{aligned} \sigma_{RN} &= 8,16 - 0,5 * \ln(N) \\ N &= \exp((8,16 - \sigma_{RN}) / 0,5) \end{aligned}$$

Библиографический список

1. Koleske, J. V. Paints and coating testing manual [Текст] / J. V. Koleske// ASTM. – 1995. - р. 689
2. Ярцев, В. П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий и сооружений [Текст] / В. П. Ярцев// Издательство ТГТУ. – Тамбов. - 2001 г.
3. ГОСТ 30638-99. Трибофатика. Термины и определения (Межгосударственный стандарт). Мн.: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. — 1999 г.
4. Огар, П. М., Дейнеко, А. А., Щур, Д. Д.. Контакт жёсткой сферической неровности с упругопластическим полупространством [Текст]/ П. М. Огар, А. А. Дейнеко, Д. Д. Щур// Системы. Методы. Технологии. - 2009 г. - №4. - с. 17-19.
5. Каримова, С. А., Авдюшкина, Л. И., Ефимова, Е. А., Низамов, Т. И., Алиев, А. А.. Исследование возможности применения полиэфируретанового компаунда для защиты материалов деталей авиационной техники [Текст]/ С. А. Каримова, Л. И. Авдюшкина, Е. А. Ефимова, Т. И. Низамов, А. А. Алиев // Труды ВИАМ, №4, 2015 г.
6. Махутов Н.А. Конструкционная прочность, ресурс и техногенная безопасность: В 2 ч. [Текст] / Н. А. Махутов// Новосибирск: Наука, 2005. — Ч. 1: Критерии прочности и ресурса. — 494 с.
7. Воронин, Н. А.. Механика контактного взаимодействия жесткой сферы с упругопластичным топокомпозитом [Текст]/ Н. А. Воронин// Materials Physics and Mechanics, 22 (2015), 20-29