

5. Повышение производительности магнитно-абразивной обработки использованием диффузионно-легированных порошков / Ф. И. Пантелеенко, В. В. Максаров, Г. В. Петришин, Д. Д. Максимов, А. С. Матвеевков // СТИН–2023.
6. Матвеевков, А. С. Моделирование магнитных полей в магнитно-абразивной обработке тел вращения / А. С. Матвеевков, Г. В. Петришин // Перспективные направления развития финишных и виброволновых технологий. – Ростов н/Д : ДГТУ, 2021.

МЕТОДЫ УСКОРЕННЫХ ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЯ

М. О. Прядко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель С. А. Тюрин

Изложены основные положения разработанных общих научных принципов и методов ускоренных стендовых испытаний материалов и моделей силовых систем при износоусталостных испытаниях. По результатам разработанных методов испытаний и предложенной методике проведены стендовые испытания, подтвердившие эффективность и применимость предложенных методов испытаний на практике.

Ключевые слова: силовая система, износоусталостные испытания, контактно-механическая усталость, ускоренный метод, реализация, эффективность.

Для экспериментального определения за короткий период времени характеристик долговечности и несущей способности при износоусталостных испытаниях (контактно-механическая усталость – КМУ) в широком диапазоне изменения контактных напряжений используют ускоренный метод многоступенчатого нагружения [1]. Полученные с помощью данного метода характеристики могут использоваться: 1) при выборе конструкционных материалов для силовых систем и обосновании конструктивно-технологических решений; 2) при контроле качества металлопродукции; 3) при расчетах на этапе проектирования силовых систем; 4) при сертификации силовых систем по критерию износоусталостного повреждения; 5) при конструировании и создании материалов с заданными физико-механическими свойствами для обеспечения требуемых характеристик сопротивления износоусталостным повреждениям.

Сущность этого метода при испытаниях на прямой и обратный эффект [2] пояснена на рис. 1. На этом рисунке показана программа ступенчатого нагружения: прямой эффект – закон изменения во времени амплитуды напряжений в центре контактной площадки σ_a при постоянном действии $p_0 = \text{const}$ (рис. 1, а); обратный эффект – закон изменения во времени максимального контактного напряжения в центре контактной площадки p_0 при постоянном действии $\sigma_a = \text{const}$ (рис. 1, б).

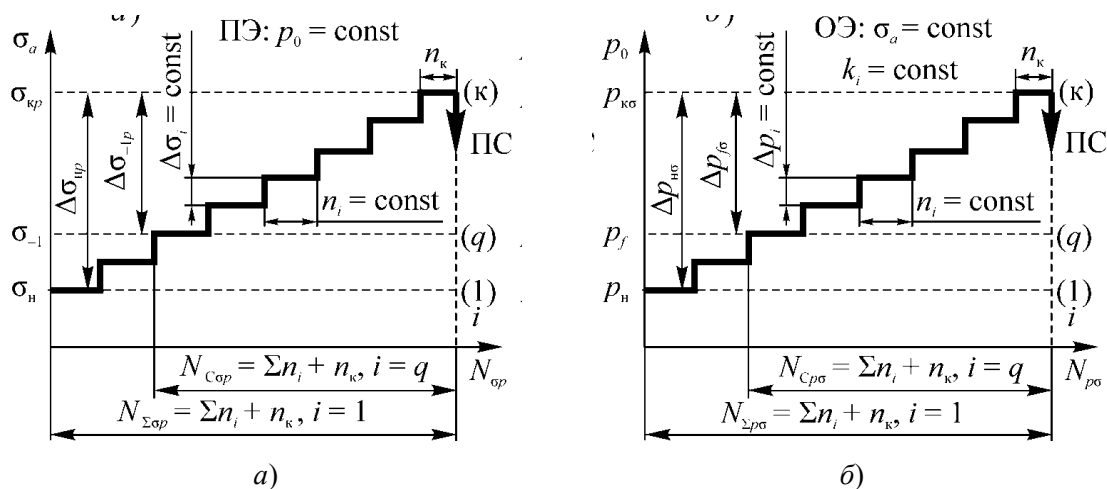


Рис. 1. Программа ступенчатого нагружения при КМУ: прямой эффект (а) и обратный эффект (б)

При изучении прямого эффекта испытания проводят методом ступенчатого повышения σ_a при заданном значении $p_0 = \text{const}$ в течение всего времени испытания. Для реализации программы задают: регламентируемый уровень p_0 ($p_0 = 0,8p_f$; $p_0 = 1,0p_f$; $p_0 = 1,2p_f$ либо $p_0 = 0$, где p_f определяется по ГОСТ 30754-2001 [3]); начальный уровень амплитуды изгибных напряжений σ_n ($\sigma_n = 0,4\sigma_{-1}$, где σ_{-1} определяется по ГОСТ 30754-2001 [3]); длительность ступени нагружения $n_i = 10^5$ циклов = const; интервал приращения амплитуды изгибных напряжений $\Delta\sigma_i = 0,2\sigma_{-1} = \text{const}$.

При изучении обратного эффекта испытания проводят методом ступенчатого повышения p_0 при заданном значении $\sigma_a = \text{const}$ в течение всего времени испытания. Для реализации программы задают: критерий достижения предельного состояния ($k_i = \text{const}$); регламентируемый уровень σ_a ($\sigma_a = 0,8\sigma_{-1}$; $\sigma_a = 1,0\sigma_{-1}$; $\sigma_a = 1,2\sigma_{-1}$ либо $\sigma_a = 0$, где σ_{-1} определяется по ГОСТ 30754-2001 [3]); начальный уровень максимальных контактных напряжений p_n ($p_n = 0,4p_f$, где p_f определяется по ГОСТ 30754-2001 [3]); длительность ступени нагружения $n_i = 10^5$ циклов = const; интервал приращения максимальных контактных напряжений $\Delta p_i = 0,2p_f = \text{const}$.

Для двух методик начальные параметры могут задаваться в зависимости от поставленной задачи; число циклов на последней ступени нагружения (n_k) определяется достижением предельного состояния силовой системы; переход со ступени на ступень осуществляют без промежуточных пауз; испытания проводят непрерывно до наступления предельного состояния.

По результатам испытаний определяют следующие основные характеристики сопротивления контактно-механической усталости (см. таблицу): при прямом эффекте – предельное напряжение при изгибе σ_{kp} ; интервал нагруженности $\Delta\sigma_{np}$; интервал предельных напряжений при изгибе $\Delta\sigma_{-1p}$; суммарную долговечность (суммарную наработку) $N_{\Sigma op}$; суммарную живучесть $N_{C op}$; при обратном эффекте – предельное контактное напряжение p_{ko} ; интервал нагруженности $\Delta p_{но}$; интервал предельных контактных напряжений $\Delta p_{fо}$; суммарную долговечность (суммарную наработку) $N_{\Sigma po}$; суммарную живучесть $N_{C po}$.

Характеристики долговечности и несущей способности, получаемые по результатам ускоренных испытаний методом многоступенчатого нагружения

Характеристики свойств	Контактно-механическая усталость	
	Прямой эффект	Обратный эффект
Пределное напряжение, МПа: $\sigma_{кр}$ $p_{к\sigma}$	480	3200
Интервал нагруженности, МПа: $\Delta \sigma_{нр} = \sigma_{кр} - \sigma_н$ $\Delta p_{н\sigma} = p_{к\sigma} - p_н$	320	1800
Интервал предельных напряжений, МПа: $\Delta \sigma_{-1p} = \sigma_{кр} - \sigma_{-1}$ $\Delta p_{f\sigma} = p_{к\sigma} - p_{f\sigma}$	255	1440
Суммарная долговечность, цикл: $N_{\Sigma \sigma p} = \sum_{i=1}^{k-1} n_i (\sigma_a, p_0 = \text{const}) + n_k$ $N_{\Sigma p \sigma} = \sum_{i=1}^{k-1} n_i (p_0, \sigma_a = \text{const}) + n_k$ Суммарная живучесть, цикл: $N_{C \sigma p} = \sum_{i=q}^{k-1} n_i (\sigma_a, p_0 = \text{const}) + n_k$ $N_{C p \sigma} = \sum_{i=q}^{k-1} n_i (p_0, \sigma_a = \text{const}) + n_k$	$8,04 \cdot 10^5$ $6,04 \cdot 10^5$	$10 \cdot 10^5$ $8 \cdot 10^5$

На рис. 2 приведены результаты сравнительных испытаний методом многоступенчатого нагружения силовой системы сталь 45 (вал)/сталь 25ХГТ (ролик). Испытания на контактно-механическую усталость проведены в условиях прямого эффекта ($p_0 = 3200 \text{ МПа} = \text{const}$) (рис. 2, а) и в условиях обратного эффекта ($\sigma_a = 225 \text{ МПа} = \text{const}$) (рис. 2, б).

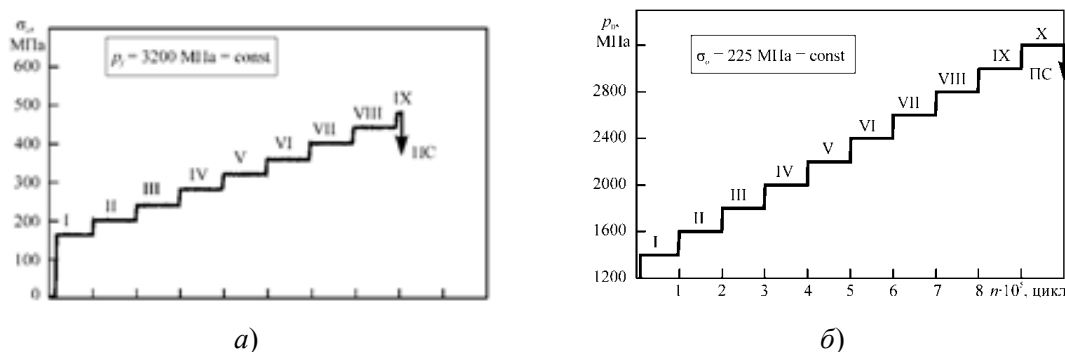


Рис. 2. Результаты испытаний на КМУ методом многоступенчатого нагружения:
а – при прямом эффекте; б – ПРИ обратном эффекте

Экспериментально определенные характеристики долговечности и несущей способности, полученные по результатам испытаний методом многоступенчатого нагружения (см. рис. 2), приведены в табл. 1.

Результаты исследований показали, что применение ускоренных методов определения основных характеристик износоусталостного повреждения (в частности, многоступенчатого нагружения) позволяет существенно сократить время испытаний. Это подтверждает его эффективность и применимость на практике. Описанный метод ускоренных испытаний при многоступенчатом нагружении стандартизован [4].

Л и т е р а т у р а

1. Надежность в технике. Методы ускоренных испытаний на усталость для оценки пределов выносливости материалов, элементов машин и конструкций (Методические указания) : РД 50-686-89. – Введ. 01.01.1990. – М. : Гос. ком. СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1990. – 25 с.
2. Сосновский, Л. А. Механика износоусталостного повреждения / Л. А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 434 с.
3. Методы износоусталостных испытаний. Испытания на контактно-механическую усталость (Межгосударственный стандарт) : ГОСТ 30754-2001. – Введ. 01.07.2002. – Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации : Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2002. – 32 с.
4. Методы износоусталостных испытаний. Ускоренные испытания на контактно-механическую усталость (Стандарт Беларуси) : СТБ 1233-2000. – Введ. 01.01.2001. – Минск : ГОССТАНДАРТ, 2000. – 8 с.

АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ ПРИ ВРАЩАТЕЛЬНОМ ПЕРЕНОСНОМ ДВИЖЕНИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ПЕРЕМЕННОГО

А. В. Ильин

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель Н. В. Иноземцева

Определена абсолютная скорость и абсолютное ускорение точки, которая совершает сложное движение, используя функции комплексного переменного.

Ключевые слова: комплексные числа, плоское движение, мнимая ось, действительная ось, комплексная плоскость.