

А. Г. СИДОРЕНКО

Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Разработан комплексный метод оценки сопротивления усталости деталей машин, изготавливаемых из малоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей с позиции их химической и структурной однородности. Метод основан на предположении, что основным фактором, определяющим рассеяние характеристик сопротивления усталости, надежность и долговечность, является сопротивление зарождению и распространению неомогенной макропластической (макролокализованной) деформации [1–3]. При этом наибольшее снижение характеристик сопротивления усталости, максимальный уровень рассеяния энергии – в качестве критерия использовался логарифмический декремент затухания колебаний (δ_k) – происходит при предварительной деформации, равной величине деформации Чернова–Людерса (1–3 %) [3–4]. Вместе с тем, влияние на указанные характеристики способности или склонности материалов деталей к локализации деформации, и в первую очередь к макролокализации пластической деформации, исследовано недостаточно.

Изменение состояния материала при циклическом нагружении является гипертрофированно локальным, многостадийным, кинетическим процессом [2, 5]. Поэтому для его описания использовано уравнение из кинетической теории механической усталости, согласно которому рассеяние по числу циклов до разрушения обусловлено рассеянием «начальной степени повреждения» деталей [5]

$$N = \frac{Q}{\sigma} \ln \left\{ 1 + \left[\exp \left(\frac{\sigma - \sigma_R}{\nu_0} \right) - 1 \right]^{-1} \right\},$$

где N – число циклов нагружения до разрушения; σ – максимальное напряжение цикла, МПа; σ_R – предел выносливости, МПа; Q – коэффициент выносливости, МПа·цикл; ν_0 – параметр с размерностью напряжения (МПа).

Для рассматриваемых сталей в качестве одного из элементов «начального повреждения» и локализации пластической деформации принята внутризеренная неоднородность, определяемая химической и структурной неоднородностью приграничных объемов зерен металла [1]. Таким образом, оценка сопротивления усталости с учетом склонности материалов деталей к макролокализации пластической деформации осуществлялась по результатам сравнительного анализа полученных экспериментально-аналитическим методом характеристик сопротивления усталости.

Образцы с различной склонностью к макролокализации пластической деформации изготавливались из сталей 20, 10ХСНД, 08Ю, 09Г2, 09Г2СФ в исходном состоянии, а также после низкотемпературной термообработки (охлаждения в воде с 500–540 °С) и в армированном квазимонолитном исполнении [1]. Испытания проводились в условиях повторного растяжения, плоского и кругового симметричного изгиба. Установлено, что наиболее

чувствительным к локализации деформации параметром является коэффициент выносливости (Q), характеризующий накопление повреждения. Показано, что снижение склонности к макролокализации пластической деформации приводит к существенному росту долговечности (увеличению значений Q и N_G в 1,5–2 раза, а на готовых деталях до 8 раз [1]) даже при малых изменениях (росте на 12–15 %) предела выносливости ($\overline{\sigma}_R$). Параметр ν_0 , который вместе с пределом выносливости определяет угол наклона кривой усталости, изменяется незначительно. Таким образом, число циклов до точки нижнего перегиба кривой усталости (N_G) определяется величиной предела выносливости и коэффициентом выносливости. Причем, для сталей с одной степенью локализации деформации этот коэффициент можно считать величиной постоянной, что позволяет использовать параметры Q , ν_0 и $\overline{\sigma}_R$ для прогнозирования долговечности однотипных объектов без проведения дополнительных испытаний.

Демпфирующую способность (δ_k) определяли на плоских образцах из указанных выше сталей по методу свободных затухающих колебаний [4]. Выбор этой характеристики определялся тем, что демпфирующая способность может быть мерой усталостного повреждения только для циклически упрочняющихся сталей [6]. Показано, что снижение степени локализации деформации в армированных квазимонолитных материалах (АКМ) приводит к уменьшению δ_k при низких и средних уровнях напряжений и увеличению при высоких при существенном (от 0,4 до 1,9 %) уровне декремента колебаний, что в 1,5–2 раза выше, чем у обычных сталей. После низкотемпературной термообработки значения δ_k на стадии установившегося деформирования снижаются на 15–50 %. Таким образом, метод определения характеристик демпфирующей способности может выступать в качестве одного из способов оценки склонности стали к макролокализации пластической деформации, а применение его в качестве меры усталостного повреждения может быть использовано для установления зависимости между характеристиками сопротивления усталости и рассеянием энергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Моисеенко, В. И.** Макролокализация пластической деформации и сопротивление усталости пластин крупных втулочных цепей / В. И. Моисеенко, Е.К. Почтенный, А.Г. Сидоренко // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2005. – № 3. – С. 72 – 77.
2. **Терентьев, В. Ф.** Усталость металлических материалов / В. Ф. Терентьев. – М. : Наука, 2002. – 248 с.
3. **Майер, П.** // Основы поведения стали при циклических нагрузках / П. Майер // Поведение стали при циклических нагрузках. – М. : Металлургия, 1983. – С. 144–173.
4. **Писаренко, Г. С.** Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев: Наукова думка, 1971. – 359 с.
5. **Почтенный, Е. К.** Кинетика усталости машиностроительных конструкций / Е. К. Почтенный. – Минск: УП «Арти-Фекс», 2002. – 186 с.
6. **Шульгинов, Б. С.** Исследование связи циклической долговечности с характеристиками демпфирующей способности сталей / Б. С. Шульгинов, А. И. Быковский // Проблемы прочности. – 1978. – № 7. – С. 17–23.