

УДК 620.169.1:620.178.4

МЕТОДИКА СРАВНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ  
ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ НАДЕЖНОСТИ

В. А. ТАТАРИНЦЕВ, А. К. ТОЛСТОШЕЕВ

Брянский государственный технический университет  
Брянск, Россия

На этапе технического проектирования при выборе материала, вида и режима термической обработки деталей возникает потребность в сравнительной оценке вариантов по характеристикам надежности – долговечности и вероятности возможных отказов. Непосредственная оценка влияния выбора материала и его термообработки на характеристики надежности (долговечности и вероятности разрушения) конкретной детали по результатам сравнительных натуральных испытаний затруднительна либо из-за отсутствия соответствующего испытательного оборудования, позволяющего производить испытания при нагружении, близком к эксплуатационному, либо по экономическим соображениям, не дающим возможность поставить на испытания достаточное количество натуральных деталей. Расчетные оценки ресурса и вероятности разрушения не всегда дают удовлетворительную точность. В ряде случаев расчетные сравнительные оценки, например для различных видов термообработки одного и того же материала, носят противоречивый характер. Поэтому представляет интерес использование для оценки материалов сравнительных испытаний материалов при программном нагружении. Составление режимов нагружения при усталостных испытаниях образцов основывается на допущении об одинаковой повреждаемости материала в детали при действии эксплуатационного нагружения и в образце от программного блока нагружения, реализованного на стенде [3]. Равенство накопленной повреждаемости материала в образце и детали обеспечивается в соответствии с линейной гипотезой суммирования усталостных повреждений путем преобразования режима нагруженности детали в блок программного усталостного нагружения образца за счет изменения амплитуд напряжений ступеней блока или числа циклов их действия. Неоднозначность применения линейной гипотезой суммирования усталостных повреждений для циклически упрочняющихся и циклически разупрочняющихся сталей не позволяет гарантировать совпадение долговечностей при эксплуатационных и программных режимах нагружения.

Нередки случаи, когда для конкретной детали имеются данные об эксплуатационных отказах при каком-то одном из вариантов материала. Принимая такой вариант за базовый, можно построить по [1] программный блок нагружения лабораторного образца из того же материала. Сравнивая



функции распределения усталостной долговечности лабораторных образцов и эксплуатируемых деталей, можно выполнить корректировку режима блочного нагружения для конкретной детали путем пропорционального повышения или понижения уровня напряжений при сохранении числа циклов их действия [2]. Параметры идентифицированного таким образом блока нагружения сохраняют постоянными для всех исследуемых вариантов материалов. По полученным результатам блочных испытаний строили кривые распределения циклической долговечности образцов, сопоставление которых дает информацию для сравнительной оценки эффективности применения того или иного материала и вида термической обработки с учетом влияния особенностей режима нагружения на механизм процесса накопления повреждений в металле.

Данная методика была реализована для сравнительной оценки различных вариантов материалов при модернизации корпуса автосцепки грузового вагона. Сравнивали восемь вариантов сталей [2]. По результатам испытаний получена сравнительная оценка легирования и режимов термической обработки на долговечность и вероятность усталостного разрушения корпуса автосцепки (рис. 1).

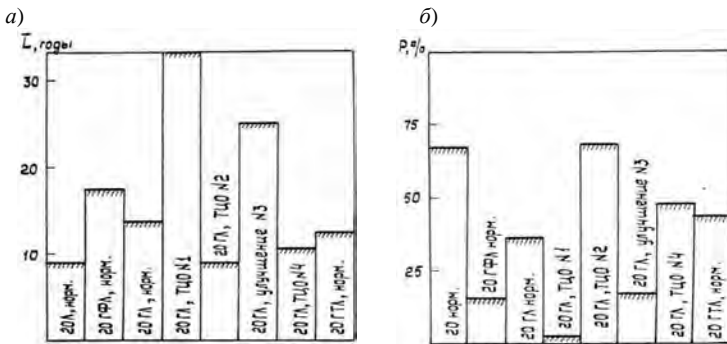


Рис. 1. Оценка средней долговечности (а) и вероятности образования усталостной трещины при наработке 10 лет для корпуса автосцепки (б)

Установлено, что применение термоциклической обработки (ТЦО) по режиму № 1 для корпуса из стали 20ГЛ повышает среднюю долговечность в 3,66 раза, вероятность появления трещины за 10 лет эксплуатации снижается в 73,7 раза по сравнению со сталью 20Л. Также эффективной термической обработкой является термоулучшение (режим 3), приводящее к повышению средней долговечности корпуса в 2,73 раза по сравнению с нормализованной сталью 20Л.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гарф, М. Э.** Испытания на усталость применительно к задачам оптимизации конструкций / М. Э. Гарф. – Киев: Наукова думка, 1984. – 175 с.
2. **Татаринцев, В. А.** Влияние микроструктуры на статическую и циклическую прочность литых сталей для несущих деталей вагонов / В. А. Татаринцев, А. К. Толстошеев, П. А. Гришанов // Транспорт: наука, техника, управление. – 2017. – № 12. – С. 20–25.
3. **Tatarintsev, V. A.** Microstructure influence on resistance to rupture of low-alloyed steels / V. A. Tatarintsev // The Physics of Metals and Metallography. – 1992. – № 5. – P. 77–87.

