

## ЛИТЕРАТУРА

1. Довгялло И.Г., Каледин Б.А., Сурус А.И., Бельский С.Е. Влияние механических колебаний на качество диффузионного слоя стальных деталей при низкотемпературной карбонитрации // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 2000. Вып. VIII. С.207–213.
2. Довгялло И.Г., Сурус А.И., Бельский С.Е. Влияние механических колебаний при низкотемпературном азотировании на характеристики упрочненного слоя // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Мн., 1999. Вып. VII. С.153–158.
3. Состав для термического восстановления изношенных стальных изделий. А.с. № 1696574. Кл с 238/48. 1987.

УДК 621.185.532.

С.Е. Бельский, доцент; Ф.Ф. Царук, доцент; А.В. Блохин, аспирант

### К РАЗРАБОТКЕ МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Possibility of using temperature and period of holding for increasing the fatigue strength is represented.

В связи с тем, что для большинства деталей лесных машин и деревообрабатывающего оборудования главным критерием работоспособности является прочность (циклическая прочность), разработка методов повышения усталостных характеристик материалов и элементов конструкций является весьма актуальной научной и инженерной задачей. Значительная сложность процесса усталостного повреждения и рассеяние получаемых характеристик требует получения большого объема экспериментальных данных по усталостным свойствам материалов, что невозможно без использования в исследовательской практике ускоренных методов определения характеристик усталости. Применение высокочастотных усталостных установок для сравнительных испытаний дает возможность оперативно проверить влияние различных факторов на способность материала или деталей машин сопротивляться воздействию циклических нагрузок при значительном сокращении затрат времени и труда [1, 2].

В связи с тем, что процессы усталостного повреждения в значительной мере определяются протеканием микроструктурных превращений в материале, разработка методов увеличения усталостной прочности невозможна без исследования кинетики структурно-чувствительных свойств. Из-за значительной сложности исследуемого явления целесообразно опыты первоначально проводить на простых, хорошо исследованных однофазных материалах. В данной работе рассмотрены некоторые результаты по исследованию циклической прочности медного сплава М1 при знакопеременном симметричном изгибе в диапазоне температур 293°К – 673°К. Нагружение образцов осуществлялось с помощью магнитострикционного резонансного стенда ( $f_{рез} = 8,8$  кГц) и электродинамического вибростенда ( $f_{рез} = 0,22$  кГц). Испытательный стенд работал в автоколебательном режиме с автоматическим поддержанием амплитуды колебаний образцов, которые представляли собой балочки прямоугольного сечения (1,7х6 мм), вырезанные вдоль направления проката, подвергнутые вакуумному отжигу, шлифовке и электрополировке. На низкой частоте нагружения образцы колебались по первой соб-

ственной форме колебаний, на высокой частоте – по второй. Нагрев образцов в электропечи сопротивления (макс. отклонение  $\pm 2^\circ\text{K}$ ) производился с выдержкой образца при заданной температуре до нагружения в течение часа. Испытания продолжались до появления в образце усталостной трещины заданного размера, что отмечалось по падению резонансной частоты установки.

Статистическая обработка результатов усталостных испытаний, осуществленная на основании гипотезы нормального закона распределения, позволила установить, что температура практически не влияет на характеристики рассеяния усталостной долговечности исследованного материала, лишь несколько увеличивая вероятность разрушения образца с ростом температуры. Увеличение температуры практически не сказалось на форме усталостных кривых, но привело к монотонному снижению усталостной долговечности для всех баз испытаний. Можно отметить увеличение интенсивности снижения долговечности с ростом числа циклов нагружения. Повышение температуры испытаний более ощутимо влияло на протекание процесса усталостного повреждения по сравнению с числом циклов, значительно интенсифицируя падение циклической прочности материала. Увеличение частоты нагружения (от 0,22 до 8,8 кГц) при нормальной и повышенной температуре практически не сказалось на форме усталостных кривых. При этом сохранялась их эквидистантность и отмечался монотонный рост усталостной долговечности для всех баз испытаний (рис. 1, 2).

Накопление повреждений в слабых и наиболее благоприятно ориентированных по отношению к приложенному напряжению микрообъемах материала приводило к возникновению на полированной поверхности образцов полос скольжения, являющихся результатом выхода на поверхность дислокационных скоплений в виде плотно расположенных экструзий и интрузий. Кинетика величины напряжения, соответствующего моменту появления полос скольжения (циклическому пределу текучести  $\sigma_{цт}$ ), показывает монотонное снижение данной характеристики с ростом числа циклов разрушения для всех исследуемых температур и частот колебаний аналогично кривым усталости (рис. 3).

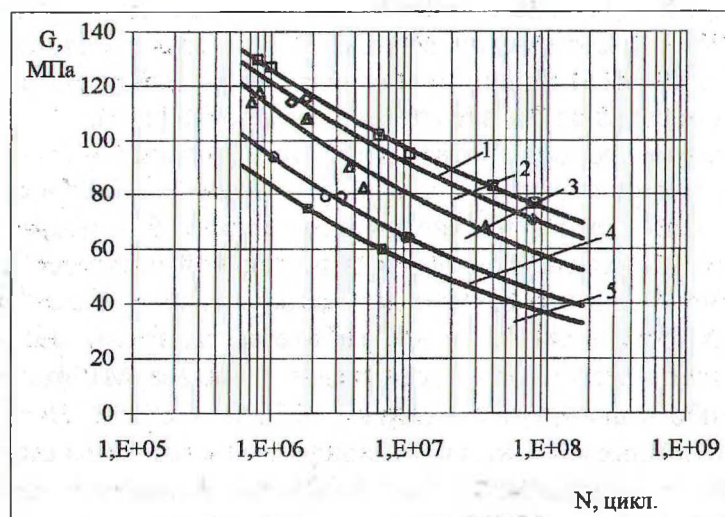


Рис. 1: 1 – 293°K; 2 – 428°K; 3 – 543°K; 4 – 613°K; 5 – 673°K

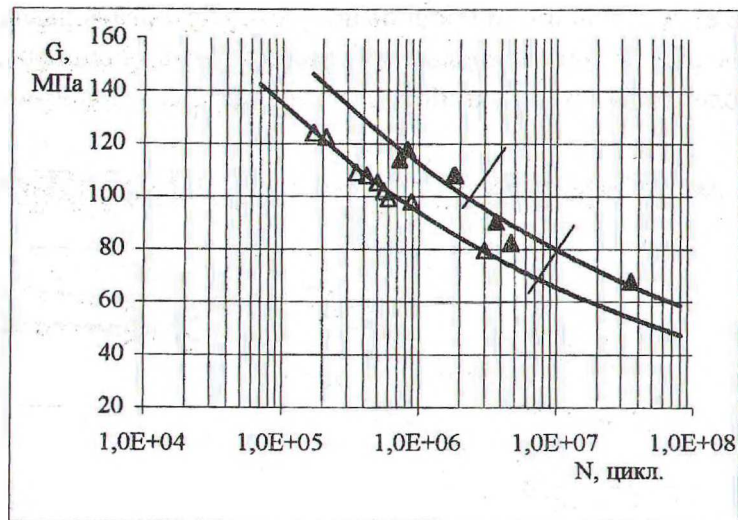


Рис. 2: 1 – 8,8 кГц (543°K); 2 – 0,2 кГц (543°K)

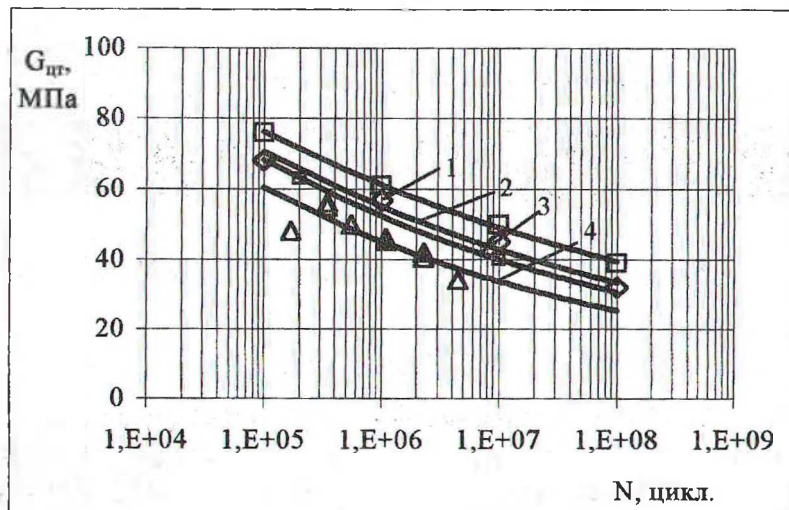


Рис. 3: 1 – 8,8 кГц (273°K); 2 – 8,8 кГц (543°K); 3 – 0,22 кГц (273°K); 4 – 0,22 кГц (5x43°K)

Все вышеперечисленное позволяет предположить отсутствие значимых различий в физике процесса усталостного повреждения на низких и высоких частотах нагружения во всем температурном диапазоне и приступить к изучению представляющего значительный интерес эффекта влияния времени вылеживания образцов после нагружения на характер протекания дислокационных превращений, для чего были проведены исследования кинетики такой структурно-чувствительной характеристики, как микротвердость  $H_{\mu}$ , с помощью прибора ПМТ-3М по стандартной методике.

Результаты экспериментов показывают (рис. 4), что увеличение времени вылеживания при комнатной температуре для всех уровней циклических напряжений характеризуется увеличением  $H_{\mu}$  на начальной стадии до максимума с последующим ее уменьшением при сохранении конфигурации кривых изменения микротвердости (0,22 кГц). Данное обстоятельство говорит об отсутствии коренного отличия процесса усталостного нагружения на существенно различных уровнях циклических напряже-



ний. Это позволяет в дальнейшем обоснованно воздействовать различными факторами (в частности, выдержкой при определенной температуре в течение различного времени) на материалы и элементы конструкций для повышения их усталостной прочности.

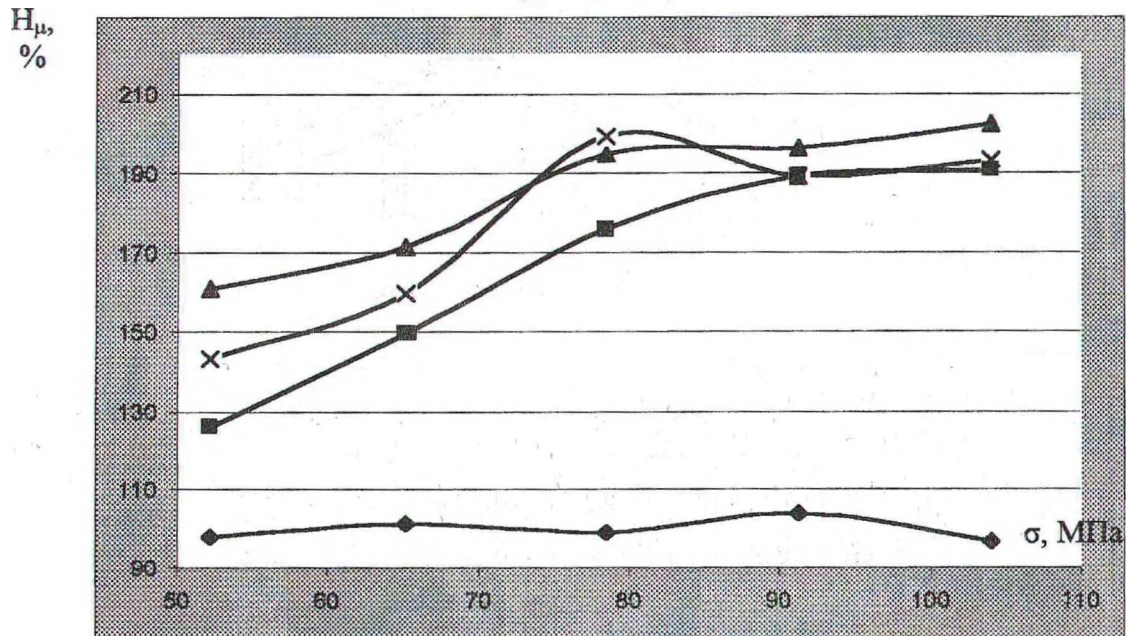


Рис. 4: ♦ – исходн.; ▲ –  $\sigma = 20$  ч; х –  $\sigma = 72$  ч; ■ –  $\sigma = 168$  ч

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Tsaruck F., Novitskiy A. Method of the accelerated prediction of fatigue properties of metals at normal and heightened temperatures by results of high-frequency tests, Proceedings of III international symposium on tribo-fatigue ISTF 2000, Hunan University Press. – China, 2000. – P. 193–195.
2. Довгялло И.Г., Царук Ф.Ф., Новицкий А.В., Рудченко Д.Н. Влияние высокочастотных колебаний на изменение усталостных характеристик сплава АМг2 в условиях повышенных температур // Труды БГТУ. Сер. лесн. и деревообр. пром-сти. – Минск, 1999. – Вып. VII. – С. 145–148.
3. Dovgyallo I., Tsaruck F., Dolbin N., Dovgyallo A. Estimation of influence of frequency of flexural vibrations of structural sensitive characteristics of 20x13 steel // The 4 Th. International Symposium on Creep and Coupled Processes. – Bialostok, 1992. – P. 57–63.