

5. Соболев В.Р. О влиянии сил вязкости на движение дислокационного сегмента и распространение упругих колебаний в металлах /В.Р.Соболев, О.Н. Мазуренко, П.Н.Логвинович, С.Е. Бельский, А.В.Блохин // Доклады национальной академии наук Беларуси. –2007. – Т.51. – № 3. – С.121–124.

УДК 621.165.532

М.Н. Пищов, доц., канд. техн. наук;
С.Е. Бельский, доц., канд. техн. наук;
Адель Рашид,
А.И. Сурус, доц., канд. техн. наук;
(БГТУ, г. Минск)

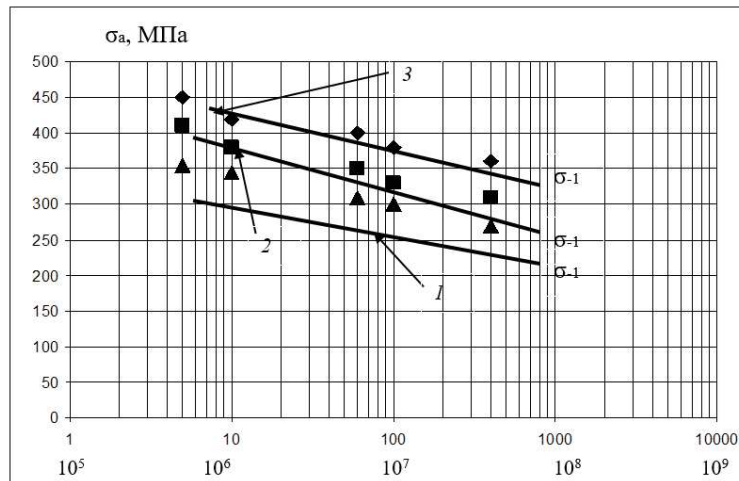
ПОВЫШЕНИЕ УСТАЛОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ ПОВЕРХНОСТНЫМ УПРОЧНЕНИЕМ

Большинство теоретических и экспериментальных исследований развития процесса усталостного разрушения выполнено без учета структурных и металлургических факторов, наличия упрочненных слоев и покрытий; тем самым затрудняется подбор оптимальных технологических параметров процессов поверхностного упрочнения. Исследования, проводимые в этом направлении, могут обеспечить совершенствование составов и режимов поверхностного упрочнения и следовательно повышение эксплуатационной долговечности изделий.

Усталостные испытания образцов из конструкционных сталей, упрочненных по различным режимам, проводились на оборудовании, описанном в работах [1-3]. Результаты усталостных испытаний при реализации знакопеременного изгиба на частоте 18 кГц представлены на рис. 1–2.

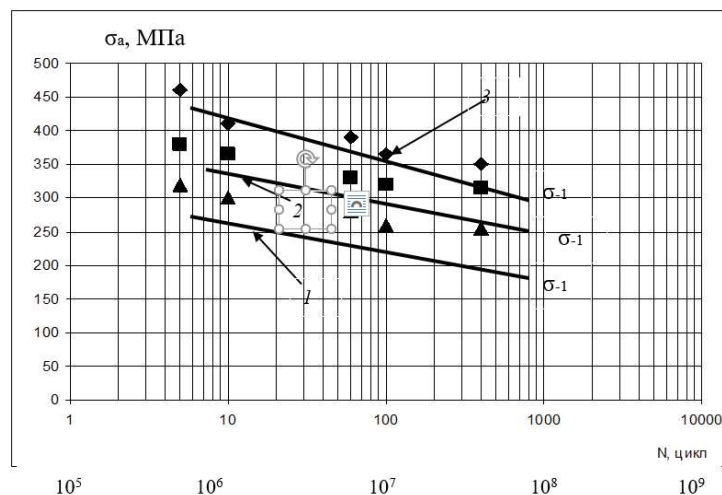
В ходе проведения исследований было установлено увеличение усталостных характеристик для образцов, упрочненных борированием и боросилицированием (рис. 2) по сравнению с цементированными. Связано это главным образом с образованием в поверхностных упрочненных слоях остаточных напряжений сжатия. С увеличением времени и температуры насыщения наблюдается снижение усталостных характеристик образцов при упрочнении борированием (при содержании Si в сплаве до 5 %). При боросилицировании (содержание Si от 20%) отмечается их незначительное уменьшение при времени насыщения

2,5–4 часа и температуре обработки 1020 °С (см. рис. 3–4).



1 – 5 %; 2 – 15 %; 3 – 20 %

Рисунок 1 – Влияние содержания кремния в смеси при боросилицировании на характеристики усталости стали 25ХГМ



1 – цементация; 2 – борирование; 3 – боросилицирование

Рисунок 2 – Усталостные кривые образцов из стали 25ХГМ при поверхностном упрочнении в различных составах

Снижение усталостных характеристик образцов при борировании (с возрастанием температуры и времени насыщения) связано с образованием в упрочненном слое хрупкой фазы FeV. Повышение времени обработки свыше 2,5 часов приводит к постепенному снижению величины числа циклов до наступления разрушения $N_{ц}$ вследствие коагуляции фазы Fe₂V, а также, как уже отмечалось образования в поверхностном слое фазы FeV. По этой причине при использовании традиционного процесса борирования (без дополнительного введения кремния) существенное снижение усталостной долговечности наблюдается уже после обработки в насыщающей смеси в течение 3,0 часов.

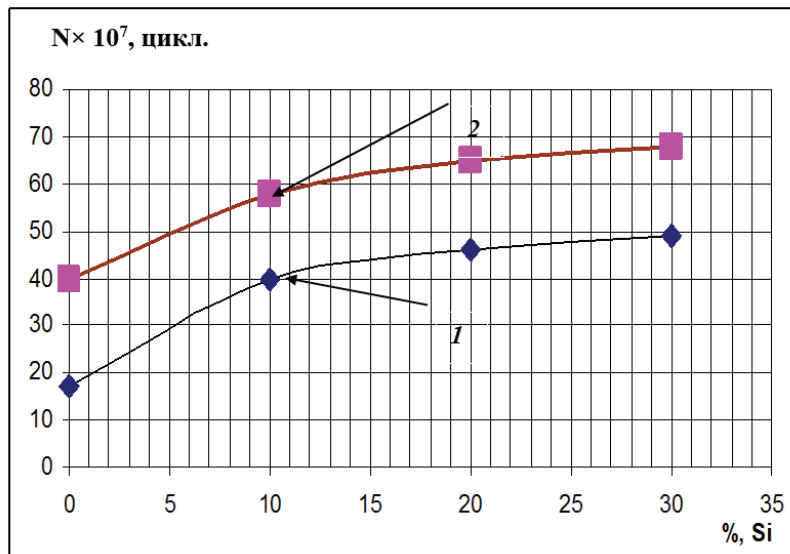
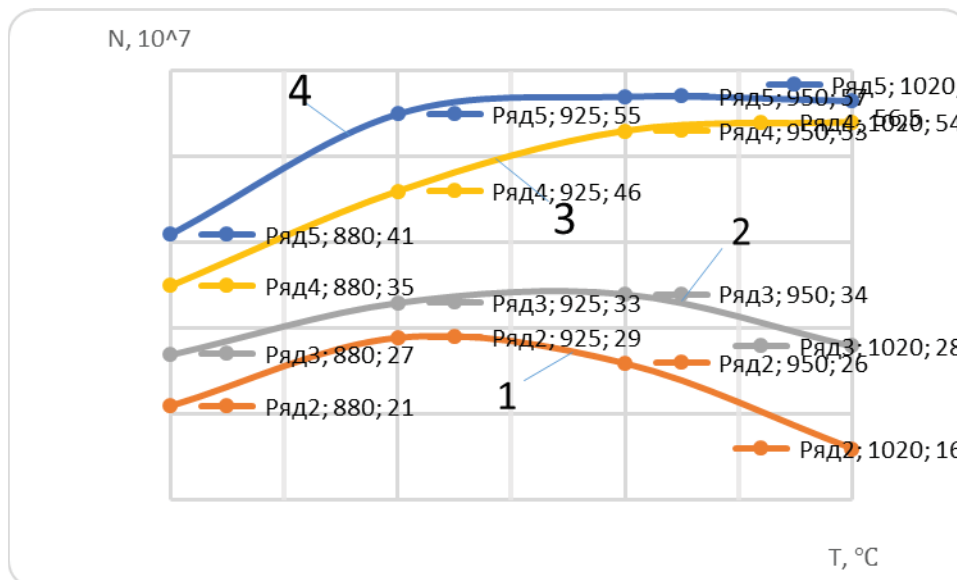


Рисунок 3 – Влияние содержания кремния в диффузионной смеси для насыщения комплексным борированием на усталостную прочность сталей 20X(1) и 20XНЗА (2)

Повышение плотности поверхностного слоя, получаемого при боросилицировании, а также отсутствие фазы FeV приводит к существенному снижению по сравнению с борированием его микрохрупкости [4], что обеспечило возрастание его усталостных характеристик.

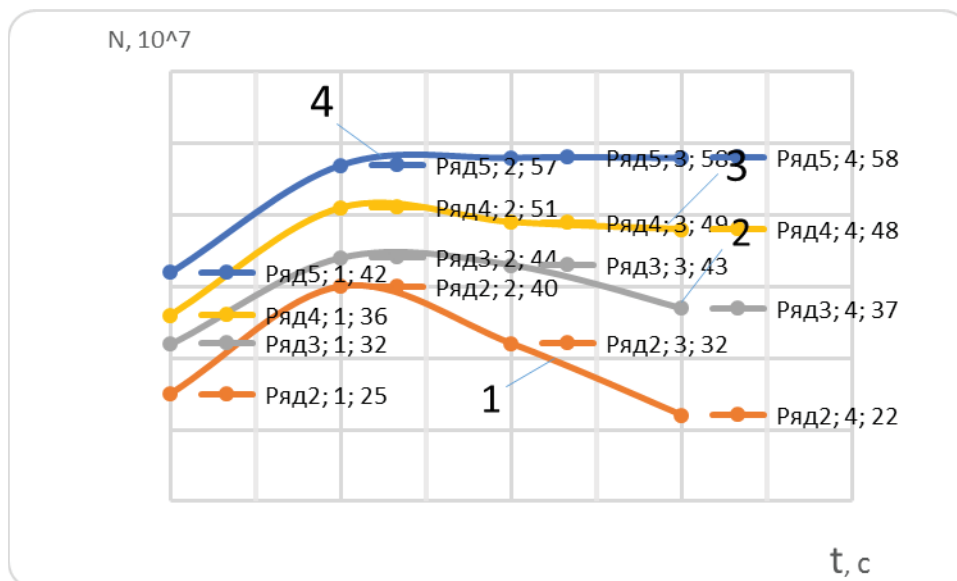


1 – борирование; 2–4 – боросилицирование (2 – 5%Si; 3 – 15%Si; 4 – 20%Si)

Рисунок 4 – Влияние температуры насыщения и состава смеси при комплексном борировании на усталостную прочность стали 25ХГМ

Преобладание в поверхностном слое фазы Fe₂V способствовало как существенному повышению N_ц, так и стабильности данной

характеристики при возрастании времени упрочнения до 3–4,5 часов (рис. 2–5).



1 – борирование; 2–4 – боросилицирование (2 – 5% Si; 3 – 15%Si; 4 – 20%Si)

Рисунок 5 – Влияние состава смеси и времени насыщения на усталостную прочность стали 25ХГМ

При исследовании усталостных характеристик образцов из стали 20ХМ3А было установлено их увеличение по сравнению со сталью 20Х. Связано это, в первую очередь, с различным содержанием в составах исследуемых сталей легирующих элементов. Установлено, что с увеличением времени и температуры насыщения при боросилицировании повышаются усталостные характеристики образцов стали 25ХГМ (рисунки 4–5). Увеличение усталостных характеристик объясняется образованием в поверхностных слоях при боросилицировании остаточных напряжений сжатия.

Как видно из приведенных данных, боросилицирование обеспечивает значительный рост усталостной долговечности при различных уровнях нагружения. Следует отметить, что данный процесс благоприятно влияет на усталостные характеристики ряда традиционно цементуемых сталей 20Х, 20ХМ3А, 25ХГМ, что свидетельствует о его универсальности и возможности замены некоторых сталей на менее дорогие и дефицитные.

Результаты испытаний позволили установить повышение предела выносливости σ_{-1} боросилицированных образцов (содержание Si от 20 %) по сравнению с цементированными в 1,6–1,7 раза и по сравнению с борированными в 1,4–1,6 раза при меньшем разбросе долговечности благодаря более однородной структуре упрочненного слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блохин А.В., Царук Ф.Ф., Гайдук Н.А. Комплекс оборудования для усталостных испытаний элементов технологического оборудования //Труды БГТУ, серия П. – Мн.,2002. Вып.Х. – С.213-215.
2. Блохин А.В. Развитие комплекса оборудования для усталостных испытаний конструкционных материалов //Труды БГТУ, серия П. – Мн.,2004. Вып.ХІІ. – С.263-267.
3. Капсаров А.Г., Бельский С.Е., Чигринова Н.М. Особенности расчета элементов испытательного оборудования для получения сложного напряженного состояния в широком диапазоне частот//Современные методы проектирования машин: Труды II Межд. конференции. – Мн., 2004. – Т.4. – С.242-245.

УДК 621.833.01

М.Н. Пищов, доц., кан. техн. наук;
С.Е. Бельский, доц., кан. техн. наук; А.М. Лось, ст.преп.
(БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ИЗНАШИВАНИЯ УПРОЧНЕННЫХ КОМПЛЕКСНЫМ БОРИРОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ДЕТАЛЕЙ

Условия эксплуатации ряда сложнагруженных инструментов, а также деталей машин и механизмов характеризуются значительным трением, сопровождаемым интенсивным износом на их рабочих поверхностях. В связи с этим для повышения надежности и срока службы подобных изделий возникает необходимость использования различных способов поверхностного упрочнения. Применяемые для этой цели процессы должны обладать минимальными стоимостью, продолжительностью, трудо- и энергозатратами, не требовать финишной механической обработки изделий.

Для определения эксплуатационных характеристик упрочненных слоев в разработанных насыщающих составах и оптимизации температурно-временных параметров процесса упрочнения исследована кинетика изнашивания экспериментальных образцов после проведения различной ХТО. Необходимо отметить, что как показали проведенные исследования, диффузионные слои характеризуются неоднородностью структуры и химического состава, наличием дефектов в виде пор, микротрещин, а также значительными колебаниями по толщине и твердости. В связи с этим сопротивление изнашиванию является важным критерием физико-механических и эксплуатационных