

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КАРБОНИТРАЦИИ В РАСПЛАВЕ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СОЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

The article dwells upon the analysis of the results obtained in investigating steel parts reinforced with carbonitration.

В настоящее время одним из наиболее простых и доступных способов повышения поверхностной твердости, а также износостойкости деталей машин является их диффузионное упрочнение. Для этой цели перспективно использование процесса низкотемпературной карбонитрации в расплаве азотсодержащих солей. Данный процесс не приводит к изменению размеров и короблению обрабатываемых деталей; шероховатость их практически не ухудшается [1], что дает возможность применять его в качестве финишного. Однако его широкому использованию препятствуют недостаточная глубина, твердость и износостойкость поверхностного слоя. Для решения этой проблемы предложено ввести в расплав высокочастотные механические колебания, активизирующие расплав. Показано, что их применение повышает поверхностную твердость и толщину упрочненного слоя [2].

Для проверки эффективности предлагаемого метода упрочнения в условиях реальной эксплуатации были выбраны детали трансмиссии лесовозного автомобиля-тягача МАЗ-509А. Такой выбор основан на том, что кроме движения по магистральным дорогам лесовозный автомобиль имеет значительный пробег по неблагоприятным местным и лесным дорогам и усам часто в условиях практически бездорожья с таким специфическим грузом, как длинномерное дерево, оказывающим своеобразные динамические нагрузки на детали трансмиссии. В этих условиях, как правило, используется раздаточная коробка, первичный вал которой находится в рабочем состоянии на всех скоростных режимах и является, как показывают результаты изучения опыта эксплуатации, одной из наиболее уязвимых деталей трансмиссии лесовозных автомобилей. Это вызывает необходимость дополнительного упрочнения ряда деталей трансмиссии автомобилей-поездов.

С целью увеличения износостойкости было выполнено упрочнение предлагаемым методом ряда деталей и проведены их лабораторно-промышленные испытания. Для этого использован комплекс оборудования, предусматривающий введение в расплав азотсодержащих солей знакопеременных колебаний различной частоты и интенсивности. В качестве насыщающей среды использовался состав расплава, включающий 55% карбамида и 45% соды.

Износ определялся по изменению размеров, ус- танавливаемых до и после опытной эксплуатации.

Состояние поверхности на наличие трещин и микротрещин оценивалось с помощью металлографического микроскопа. Как показали результаты контроля деталей после эксплуатации, износ за период испытаний наиболее нагруженных рабочих поверхностей в случае применения упрочнения по приведенным режимам существенно (в среднем на 50–60%) снизился. При этом следует отметить, что при наличии упрочненного слоя отсутствуют признаки схватывания и видимой пластической деформации рабочих поверхностей. Проведение химико-термической обработки, обеспечивающей в поверхностном слое, как показали исследования, более благоприятную картину распределения напряжений сжатия (рис. 1), привело к отсутствию после проведенных испытаний трещин и микротрещин на рабочих поверхностях. Это хорошо согласуется с полученными на опытных образцах результатами исследований, где отмечено повышение усталостной долговечности.

Анализ деталей, не упрочненных по предлагаемой технологии, показал, что суммарный износ в условиях, характеризующихся низкими скоростями и высокими давлениями на рабочей поверхности, является результатом комбинации нескольких механизмов разрушения, среди которых преобладают окислительно-абразивные и адгезионные процессы. Отмечаются и следы заедания поверхностей, выражающиеся в возникновении похожих на глубокие царапины повреждений (рис. 2). Протекание подобного процесса может даже при наличии смазки привести к отделению частиц с рабочих поверхностей, переносу материала с более мягкой поверхности на более твердую с образованием глубоких рисок и вырывов металла. Таким образом, к концу межремонтного пробега происходит повышение шума и нагрева; понижается точность и затрудняется работа механизма. Выход из строя таких деталей возможен и раньше запланированного срока ремонта. Анализ изношенной поверхности позволяет сделать вывод о протекании на рассмотренной стадии эксплуатации процесса механического разупрочнения, характеризующегося трансформацией поверхностного слоя, заключающейся в возникновении и развитии дефектов структуры, охрупчивании материала, повышении внутренних напряжений. В результате протекающего разупрочнения сопротивление материала деформации снижается, что и приводит к отмеченному в ходе анализа разрушению микрообъемов материала.

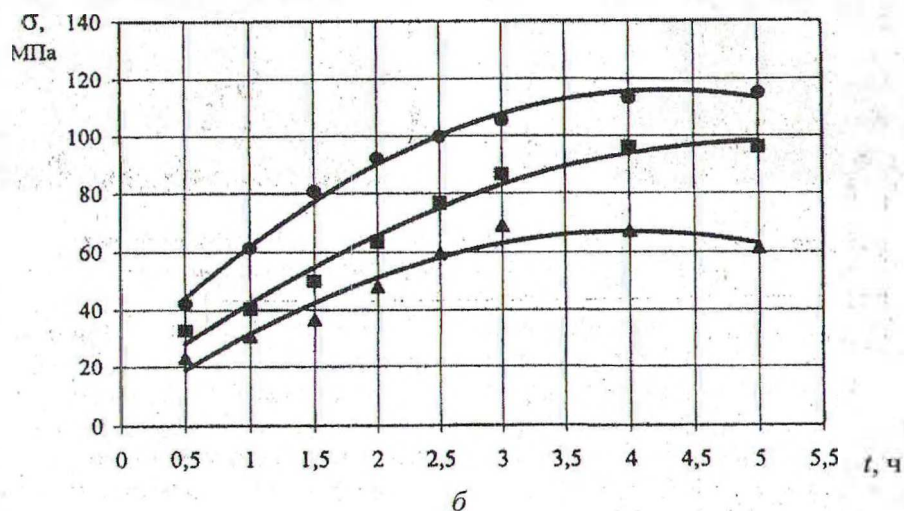
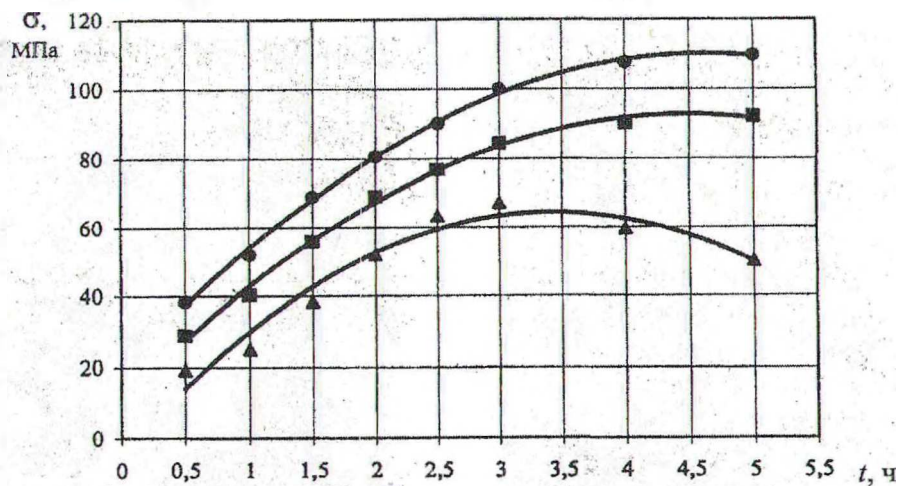


Рис. 1. Влияние времени упрочнения и частоты колебаний, вводимых в расплав, на уровень макронапряжений в поверхностном слое сталей:
 а – сталь 40Х; б – сталь 38ХМЮА: ▲ – без использования колебаний;
 ■ – с вводом колебаний в расплав (3 кГц); ● – с вводом колебаний в расплав (18 кГц)

Сравнительный анализ поверхностей после эксплуатации доказывает возможность еще достаточно продолжительной работы деталей, прошедших упрочнение, что обеспечивает увеличение межремонтного пробега до 50%. Этот вывод подтверждают и результаты определения величины изнашивания по уменьшению размеров.

Для проверки достоверности результатов испытаний износ деталей раздаточной коробки дополнительно оценивался косвенным методом. Подтверждением различной степени изнашивания деталей может служить анализ находящихся в смазке продуктов разрушения поверхности деталей раздаточных коробок с упрочненными и неупрочненными валами, отработавших в аналогичных условиях эксплуатации одинаковый ресурс.

Проба в количестве 20 г отбиралась из смазки, смешанной при температуре 60°C с промывочной жидкостью и удаленной из ко-

робки. Отработанный состав (смесь) фильтровался и высушивался при температуре 35–40°C. Порошок, полученный в качестве осадка после сушки, анализировался на электронном микроскопе на содержание Fe, Cr и N. Анализ результатов показал, что пробы, отобранные из коробки с неупрочненными валами, содержат большее количество железа, чем пробы, взятые из коробок, валы которых прошли упрочнение по предлагаемой технологии. Это говорит о том, что во втором случае за тот же период эксплуатации происходит износ только упрочненного слоя, в котором Fe находится преимущественно в составе Fe(N,C) и содержание его в пробе ниже. При отсутствии упрочнения повышенное содержание железа в пробе объясняется большей толщиной изношенного слоя, что дополнительно подтверждается увеличением содержания азота в поверхностном слое при изнашивании упрочненных образцов.



a



б

Рис. 2. Поверхности деталей после эксплуатации с проведением (*a*) и без проведения (*б*) поверхностного упрочнения

Проведенные исследования процесса изнашивания согласуются с результатами размерного анализа после эксплуатации наиболее ответственных поверхностей испытанных деталей (валов), а также с определением физико-механических свойств упрочненных слоев.

Полученные результаты показывают существенное повышение износостойкости и усталостных характеристик при использовании жидкостной карбонитрации с введением в расплав колебаний частотой 18 кГц [3, 4]. Это обеспечивает повышение надежности и ресурса деталей трансмиссии лесных машин, работающих в условиях сочетания трения и динамических нагрузок.

Литература

1. Бельский С. Е., Сурус А. И. Влияние параметров процесса диффузионного упрочнения на шероховатость поверхности обрабатываемых деталей и стабильность их размеров //

Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообраб. пром-сть. – 2002. – Вып. X. – С. 204–207.

2. Бельский С. Е., Сурус А. И. Влияние высокочастотных механических колебаний при поверхностном упрочнении на формирование и структуру упрочненных слоев конструкционных сталей // *Литье и металлургия*. – № 2. – 2003. – С. 124–127.

3. Сурус А. И., Пыжик А. И., Боровский П. В. Повышение усталостной долговечности деталей лесных машин путем поверхностного упрочнения // *Труды БГТУ. Сер. VI. Лесная и деревообраб. пром-сть*. – 1998. – Вып. VI. – С. 141–145.

4. Довгялло И. Г., Бельский С. Е., Дулевич А. Ф., Сурус А. И. Исследование износостойкости тяжело нагруженных деталей лесных машин, упрочненных низкотемпературной карбонитрацией // *Труды БГТУ. Сер. II. Лесная и деревообраб. пром-сть*. – 1997. – Вып. V. – С. 81–84.