

М.Н. Пищов, доц., канд. техн. наук;
С.Е. Бельский, доц., канд. техн. наук;
Е.Д. Кознина, студ. (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ В ПОВЕРХНОСТНЫХ УПРОЧНЕННЫХ СЛОЯХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

С учетом остаточных напряжений сжатия можно оценивать предельные размеры и скорость усталостных трещин, а, следовательно, и долговечность всей детали в целом. Так установлено, что остаточные напряжения сжатия существенно замедляют рост образования усталостных трещин.

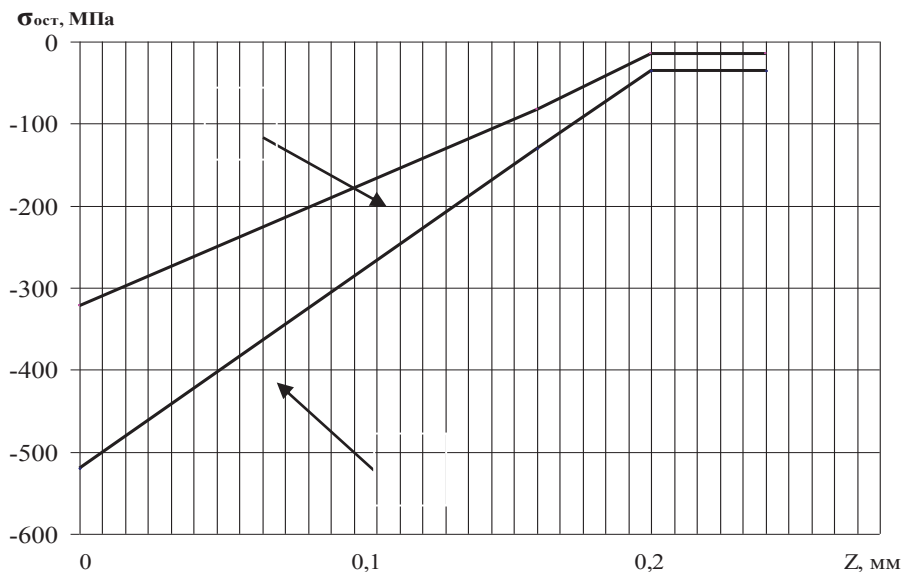
Таким образом, остаточные напряжения сжатия в области локальных пластических деформаций будут замедлять процессы разрушения, протекающие, как правило, с образованием остаточных напряжений растяжения [4].

В ходе проведенных исследований было изучено влияние составов смеси, а также температурно-временных параметров различных процессов упрочнения на распределение остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя. Определялся как уровень остаточных напряжений, так и их знак.

На основании теоретической модели напряженного состояния зубьев деталей конической передачи переднего ведущего моста трелевочного трактора [1–3] была получена зависимость остаточных напряжений сжатия по глубине слоя после проведения различной химико-термической обработки деталей (рис. 1).

Установлено, что характер распространения остаточных напряжений по глубине слоя практически одинаковый для разных процессов упрочнения. Максимальных значений остаточные напряжения сжатия достигают на поверхности упрочнения. Установлено, что величина и знак остаточных напряжений в основе металла зависят от термической обработки. Так при закалке образцов остаточные напряжения в основе металла являются сжимающими, что повышает прочность основы.

Для подтверждения теоретических расчетов модели было проведено экспериментальное определение характера распределения остаточных напряжений в упрочненных различными методами диффузионных методом рентгеноструктурного анализа на установке фирмы Bruker по методике.



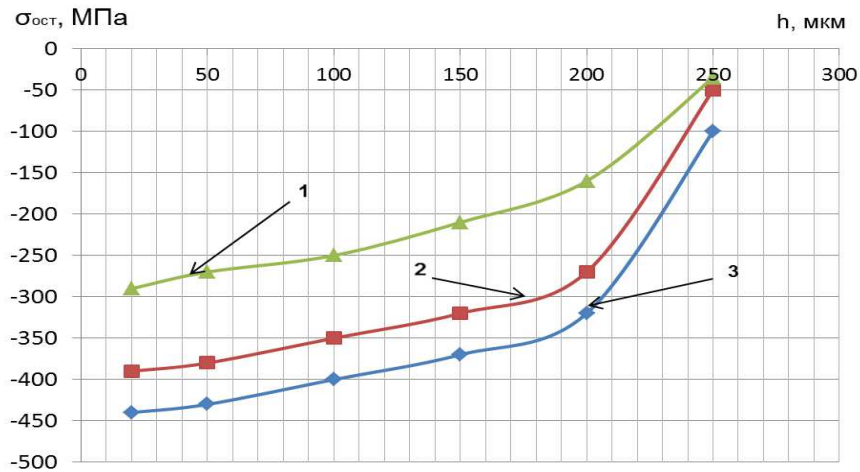
1 – борирование; 2 – боросилицирование

Рисунок 1 – Изменение остаточных напряжений сжатия по глубине упрочненного слоя при борировании и боросилицировании

На рисунках 2–4 представлены графики распределения остаточных напряжений сжатия по глубине упрочненных слоев, полученных с использованием изучаемых составов насыщения при различных температурно-временных параметрах процессов. Из графиков видно, что в результате изменения удельных объемов при фазовых превращениях, различных коэффициентов линейного расширения материалов упрочненного слоя и основы металла возникают остаточные напряжения сжатия с большим градиентом по глубине поверхностного слоя, величина которого зависит от состава смеси и температуры процесса. Наибольших значений остаточные напряжения сжатия достигают при проведении борирования с температурой насыщения 1050 °С.

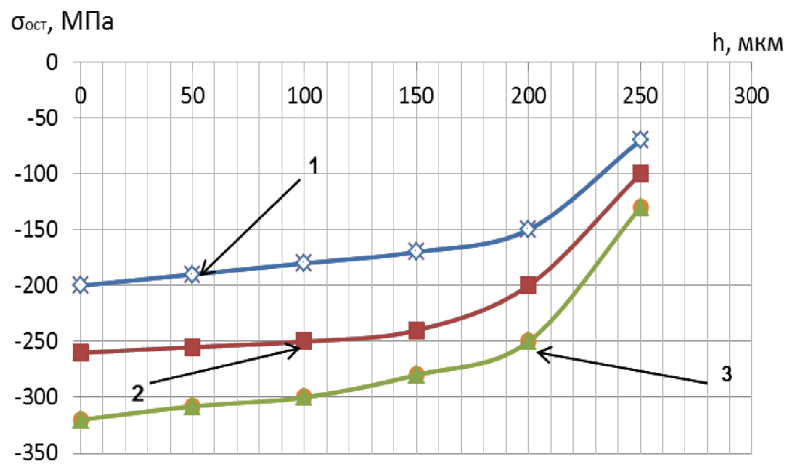
Для всех рассматриваемых составов и температурно-временных параметров поверхностного упрочнения максимальных значений остаточные напряжения достигают на поверхности образцов и уменьшаются при переходе к основе металла. При этом важно, чтобы переход к основе металла осуществлялся без каких-либо скачков уровня остаточных напряжений сжатия.

Было установлено, что с увеличением времени и температуры насыщения при проведении борирования и боросилицирования уровень остаточных напряжений сжатия повышается. При этом с повышением температуры насыщения происходит увеличение уровня остаточных напряжений сжатия как на поверхности, так на глубине 150–200 мкм (рисунки 2, 3), что дополнительно повышает прочность и износостойкость упрочненного слоя.



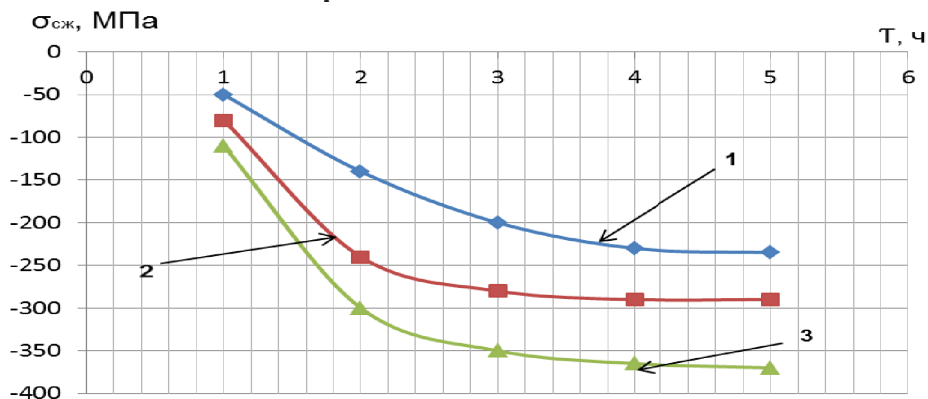
1 – 920 °C; 2 – 970 °C; 3 – 1050 °C

Рисунок 2 – Распределение остаточных напряжений сжатия по глубине упрочненного борированием слоя образцов из стали 25ХГТ



1 – 920 °C; 2 – 970 °C; 3 – 1050 °C

Рисунок 3 – Распределение остаточных напряжений по глубине упрочненного боросилицированием слоя (20 % Si в смеси) образцов из стали 25ХГТ



1 – 920 °C; 2 – 970 °C; 3 – 1050 °C

Рисунок 4 – Влияние времени боросилицирования (содержание в смеси Si – 20 %) на величину остаточных напряжений сжатия на образцах из стали 25ХГТ при разных температурах насыщения

Экспериментальные результаты свидетельствуют о достаточно равномерном распределении остаточных напряжений сжатия по глубине слоя, особенно при упрочнении методом боросилицирования. Можно высказать предположение, что у такого упрочненного слоя должна быть прочная связь с основой металла.

Это важно для работы деталей, работающих при высоких динамических нагрузках.

Полученные экспериментальные значения остаточных напряжений сжатия достаточно хорошо согласуются с теоретическими данными, что подтверждает корректность приведенных расчетов теоретической модели (рисунок 1).

Остаточные напряжения сжатия зависят не только от микротвердости поверхностного слоя, но и от его толщины. Установлено их повышение при увеличении толщины диффузионного слоя, определяемой температурно-временными параметрами процесса.

Учитывая целесообразность сохранения остаточных напряжений сжатия в упрочненном слое на уровне не менее 300–350 МПа целесообразно применять в качестве упрочнения зубчатых передач трансмиссий процесс боросилицирования, который обеспечивает заданные параметры упрочненного слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калякин, Л. А. Исследование динамических нагрузок трансмиссии колесного трелевочного трактора: автореф. дис. ... канд. техн. наук: / Л. А. Колякин. – Йошкар-Ола, 1972. – 23 с.
2. Пищов, М.Н. Методика упрочнения тяжелонагруженных деталей трансмиссии трелевочных тракторов / М.Н. Пищов, С.Е. Бельский, А.И. Сурус // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. Мн., 2008. – Вып. XVI. С. 283 – 287.
3. Симанович, В.А. Эксплуатационная оценка работы колесных лесных агрегатных машин / В.А. Симанович, М.Н. Пищов, А.И. Смяян // Труды БГТУ. Сер. II, Лесная и деревообработ. пром-сть. Мн., 2008. – Вып. XVI. С. 92 – 95.
4. Биргер, И.А. Остаточные напряжения / И.А. Биргер // – М.: Машгиз, 1963 – 240 с.