

2. Надёжность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.; Под ред. В.В. Курчаткина. – М.: Колос, 2000. – 776 с.
3. Буше Н.А. Трение, износ и усталость в машинах. Транспортная техника. – М.: Транспорт, 1987. – 184 с.

УДК 621.785.5

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5, УПРОЧНЕННОЙ ПОСРЕДСТВОМ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ

В.М. Кенько, И.Н. Степанкин

**Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого,
г. Гомель, Беларусь**

***Введение**

Усталостная долговечность деталей зависит от напряженного состояния, шероховатости и свойств поверхностного слоя. Один из способов изменения свойств поверхностных слоев – диффузионное упрочнение, обеспечивающее возникновение в упрочненном слое остаточных напряжений сжатия. Общей причиной возникновения остаточных напряжений в поверхностных слоях деталей является неоднородность линейных и объемных изменений их материала, обусловленная технологическими факторами. Образующиеся при этом твердые растворы изменяют химический состав поверхностных слоев металла. В такой ситуации правомерно рассуждать о возникновении остаточных напряжений первого, второго и третьего рода. Однако при определении работоспособности изделий в условиях контактного взаимодействия и циклических нагрузок основное внимание принято уделять учету остаточных напряжений первого рода. Измерение внутренних напряжений в поверхностных слоях деталей является ключевой задачей для оценки работоспособности деталей с поверхностно упрочненными слоями. Наибольшее распространение нашли рентгеновский и механический методы. Последние широко применяются для оценки величины и распределения остаточных напряжений первого рода в диффузионно-упрочненных слоях инструментальных сталей ледебуритного класса. Интерпретация результатов рентгеноструктурного анализа упрочненных слоев толщиной 0,5 и более мм двухфазных материалов с когерентными основной кристаллической решетке фазами внедрения, например, вторичными карбидами, весьма затруднена.

Объекты исследований и методики испытаний

В работе осуществлена оценка величины и характера распределения остаточных напряжений в карбонитридном слое, сформированном в образцах из Стали Р6М5, а также проведены усталостные испытания двух партий образцов, одна из которых подвергалась традиционной обработке, другая дополнительно упрочнялась низкотемпературной нитроцементацией. Толщина упрочненного

слоя составила 0,5 мм. Оценку остаточных напряжений проводили на образцах толщиной (H) 2 – 20 мм, относительная толщина упрочненного слоя составляла 2,5 – 25 %. Остаточные напряжения определяли методом послойного электрохимического растворения части образца с одной из сторон и регистрацией стрелы прогиба, возникающей в результате изменения распределения напряжений по сечению пластины. Величину прогиба определяли по трехточечной схеме устройством, оснащенным индикатором часового типа ИЧ-10 мн (ГОСТ 577-68) с ценой деления 0,01 мм. Изменение толщины образцов измеряли микрометром МК 0-25-0,01 ГОСТ 6507-68 с ценой деления 0,01 мм.

Оценку усталостной долговечности проводили по схеме "растяжение – сжатие" на гантелеобразных образцах, изготовленных по ГОСТ 25.504-82. Образцы из Стали Р6М5 имели структуру мартенсита, соответствующего 2 – 3 баллу, и размеры зерна – 11 баллу. Твёрдость образцов составляла 60 – 61 HRC.

Результаты исследований и их обсуждение

Результаты исследований показали, что в случае относительно большой толщины упрочненного слоя ($h/H > 0,1$) возникают искажения в эпюре распределения остаточных напряжений, что обусловлено влиянием собственных упругих свойств слоя на возникающую величину прогиба образца.

Практически полное устранение подобной погрешности достигается при толщине слоя, не превышающей 10 % от общей толщины пластины. В результате диффузионного насыщения на поверхности упрочненного слоя возникают остаточные напряжения сжатия величиной до 310 МПа. В этих условиях снижается негативное влияние таких концентраторов напряжений, как следы от финишной обработки поверхности детали. Вследствие этого предел выносливости быстрорежущей стали возрастает с 570 МПа до 650 МПа.

Характер разрушения образцов зависит от амплитуды действующего напряжения. В случае, когда амплитуда напряжений превышает 1000 МПа, разрушение происходит в результате распространения краевой трещины по механизму хрупкого скола. Снижение амплитуды растягивающего напряжения приводит к усталостному распространению краевой трещины, при движении которой наблюдаются участки вязкого разрушения с распространением трещины на некоторых участках под углом, близким 45° к оси образца.

Упрочненные образцы при больших амплитудах растягивающих напряжений разрушаются в результате распространения краевой трещины по механизму хрупкого скола аналогично образцами без упрочнения. На поверхности излома наблюдается "светлое пятно", которое свидетельствует о наличии развитой внутрикристаллической зоны пластического сдвига. В случае если амплитуда напряжений близка к пределу выносливости, усталостное разрушение образцов происходит в результате развития пластического сдвига под действием максимального касательного напряжения, складывающегося из величины приложенных извне напряжений и поля внутренних напряжений в металле.

Взаимодействие остаточных напряжений сжатия, возникающих в результате модификации поверхности детали, и напряжений растяжения, существующих при нагружении образца, приводит к возникновению максимальных

растягивающих напряжений под упрочненным слоем, где и появляются внутренние источники зарождения трещин. В некоторых местах разрушение образца сопровождалось отделением модифицированного слоя от сердцевины, возможно из-за различия их упругих свойств.

Суперпозиция эпюры остаточных напряжений с растягивающим напряжением, соответствующим пределу выносливости упрочненных образцов, позволяет оценить результирующее распределение растягивающих напряжений по сечению образца. Так, для образцов с карбонитридным упрочнением напряжения в поверхностном слое уменьшаются с 650 до 330 МПа, что значительно снижает вероятность разрушения образца краевой трещиной.

УДК 621.785.5

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НИОБИЙХРОМИРОВАНИЕМ

В.Ф. Лоскутов, Т.В. Лоскутова, Л.Б. Костоглоб, И.В. Корень
Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт",
г. Киев, Украина

Карбидные покрытия, наносимые на поверхность твердосплавного инструмента, повышают его работоспособность в 1,5 – 12 раз. Покрытия на основе карбидов ниобия в отличие от покрытий на основе карбидов титана и хрома для упрочнения твердых сплавов широкого применения до настоящего времени не получили. Это связано с рядом недостатков покрытий на основе карбидов ниобия: высокой пористостью, плохим сцеплением диффузионного слоя с матрицей обрабатываемого сплава, большой хрупкостью и т.д.

Устранить эти недостатки оказалось возможным за счет комплексного насыщения поверхности твердых сплавов ниобием и хромом, при котором в диффузионном слое образовывается многослойная структура, состоящая из взаимолегированных карбидов ниобия и хрома.

Целью настоящей работы было изучение физико-химических условий формирования фазового и химического составов, структуры и эксплуатационных свойств диффузионных слоев, получаемых при комплексном насыщении твердых сплавов ВК8 и Т15К6 ниобием и хромом.

Для нанесения покрытий использовали новые, защищенные патентами Украины на изобретение, способы и составы для ниобийхромирования.

Покрытия наносили в замкнутом реакционном пространстве при пониженном давлении активной газовой фазы, для формирования которой использовали рациональные количества порошков ниобия и хрома, а также четыреххлористый углерод (активатор). Процесс карбидизации осуществляли при 1223 – 1323 К в течение 2 часов.