

Шматов А.А., Девойно О.Г.

ТЕРМОГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ В НАНООКСИДНЫХ СОСТАВАХ

БНТУ, г. Минск

The structure and properties of tool materials, subjected of the thermo-hydrochemical treatment, are examined in the paper. The process involves (1) the chemical treatment in an special aqueous suspension of nano-sized oxides and (2) subsequent heat treatment. Treatment with optimal regime permits decreasing the friction coefficient of the hard alloy and steel surface in 3,8 – 8,3 as compared with untreated. Developed technology permit increasing the wear resistance of cutting and stamp tools by the factor of 1.3 – 4.0 in comparison with traditional its.

Цель настоящей работы состояла в разработке и исследовании нового низкотемпературного процесса упрочнения стального, твердосплавного и алмазного инструментов для повышения их стойкости.

Разработанный процесс термогидрохимической обработки (ТГХО) осуществляли путем проведения двух операций: (а) химической обработки поверхности инструментальных материалов в вододисперсных составах на базе оксидов при температуре 90-100 °С в течение 40-60 минут; (б) последующей изотермической выдержки при температуре выше 130-170 °С в течение 1 часа.

Результаты исследований. В работе исследованы закономерности формирования структуры поверхности и свойства инструментальных материалов, подвергнутых ТГХО в дисперсных составах на базе оксидов.

Установлено, что процесс ТГХО инструментальных материалов носит двойственный характер упрочнения: (1) на по-

верхности формируются твердосмазочные покрытия с дискретной наноструктурой, (2) в приповерхностной зоне создаются поля высоких остаточных макронапряжений сжатия (180-470 МПа), сравнимых с уровнем напряжений создаваемых методами пластической деформации (ППД, МГПД, др.).

Проведена оптимизация режимов и составов ТГХО, в результате которой коэффициент трения упрочненной поверхности стали снижается до 8,3 раз, а твердого сплава – до 3,8 раза, по сравнению с исходным состоянием.

Сравнительный анализ триботехнических свойств упрочненной стали и твердого сплава показал, что в условиях сухого трения скольжения и воздушной атмосферы (а) твердосмазочные покрытия, полученные при ТГХО в вододисперсных средах на основе оксидов имеют лучшие антифрикционные свойства, чем в средах на основе карбидов, нитридов и углеродных (в т.ч. алмазных) материалов, (б) оксидосодержащие покрытия, гидрохимически (ГХ) осажденные на стали, превосходят по коэффициенту трения ($f=0,07-0,18$), известные CVD и PVD покрытия ($f=0,1-0,6$), (в) увеличение числа дисперсных антифрикционных компонентов в водной среде ведет к снижению коэффициента трения ГХ покрытий.

Исследования кинетики оптимизированного процесса ТГХО показали, что скорость роста оксидосодержащих слоев на стали, полученных при химической обработке составляет 200-250 нм/час, а на твердом сплаве 5-7 мкм/час. При этом оптимальный размер зерен составляет 30 нм. При последующем нагреве ГХ покрытий размер их зерен с температурой увеличивается, но до 500 °С преобладает наноразмерная структура слоев (рис.1. При нагреве выше 500 °С формируется волокнистая нанокompозитная структура, которая содержит отдельные поликристаллы (размером более 100 нм). Полученные нанокompозитные покрытия обладают высокой термической стабильностью, сохраняя низкий коэффициент трения ($f=0,09$) до 1000-1050 °С.

Изучено влияние параметров процесса ТГХО на стойкость стального, твердосплавного и алмазного инструментов. Отмечено, что стойкость этих инструментов больше зависит от химической обработки и меньше от термообработки. При ТГХО наилучшие эксплуатационные свойства инструментов достигаются при максимальной температуре ванны и оптимальных параметрах ее кислотности и времени обработки; влияние времени и температуры термообработки носит параболическую зависимость.

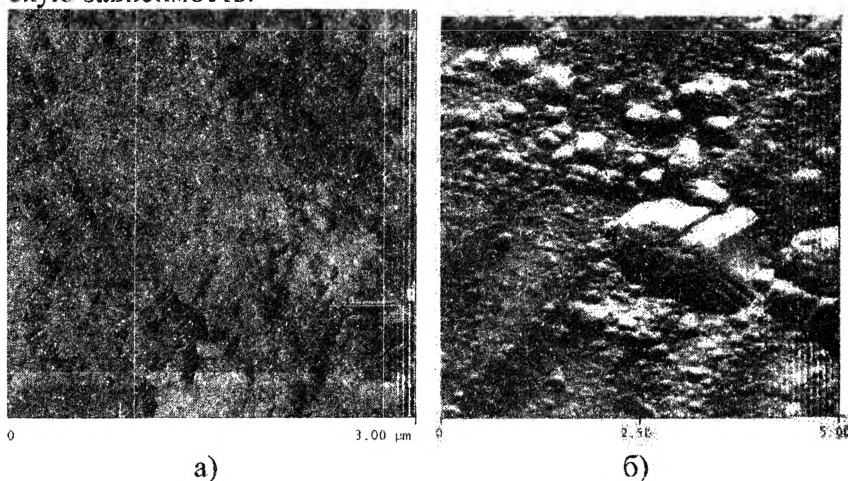


Рисунок 1 – Структура поверхности стали У8 после гидрохимической обработки в течение 1 ч. (а) и последующего нагрева до 1000°С (б)

Применение результатов исследований. Результаты производственных испытаний свидетельствуют о том, что ТГХО с использованием оптимальных наноксидных составов позволяет увеличить стойкость различных видов стального, твердосплавного и алмазного инструментов в 1,3-4,5 раза, по сравнению со стандартным (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты испытаний инструментов, подвергнутых ТГХО

Вид инструмента	Инструментал. материал	Место испытаний инструмента	Стойкость инструмента $K_{\text{ш}}$
метчики	б.р. стали*	«VUNZ» (Чехия), «Daewoo» (Корея), «САЛЮТ», «УМПО», «ПМЗ» (РФ), «БелАЗ», «МТЗ»	2-4,1
ленточные пилы	б.р. стали	«VUNZ»(Чехия)	2,5-3
сверла	б.р. стали	«PS»(Словакия), «VUNZ» (Чехия), «Мотовело», «БелАЗ»	1,8-2,9
зенкера	б.р. стали	«САЛЮТ», «Искра», ВТЗ (РФ)	1,8-3
развертки	б.р. стали	«Мотовело», «БАТЭ», «АГУ»	1,5-2,7
протяжка	б.р. стали	«Мотовело»	2-2,5
резцы	б.р. стали	«Мотовело», «БелАЗ»	1,3-1,9
долбяки	б.р. стали	«Мотовело»	1,6 – 2,1
фрезы	б.р. стали	«Мотовело», «БелАЗ», «МТЗ»	2-4,5
ножи для обработки стекловолокна	б.р. стали	«Skloplast»(Словакия)	1,9-2,5
штампы для холодного деформирования	штамп. стали**	«ZVL-LSA» (Словакия), «БелАЗ»	1,8-2,5
сверла для обработки стекла	алмазсодерж.***	«Индманш»	3-4
шлифовальные чашки	алмазсодерж.	«БелАЗ», «МТЗ»	1,3-2,1
режущие пластины для токарной обработки	твердые сплавы	«САЛЮТ» (РФ), «БелАЗ», «Мотовело», «БМЗ», «АГУ»	1,5-3,9
режущие пластины для фрезерования	твердые сплавы	«Мотовело»	1,5-2,5
волокна для металлокорда	твердые сплавы	«БМЗ»	1,5-2

Выводы. Процесс термогидрохимической обработки имеет двойственный характер упрочнения: на поверхности инструментального материала осаждается наноструктурированное

твердосмазочное покрытие на базе оксидов, а в подслое создается зона высоких напряжений сжатия, сравнимых с уровнем напряжений, создаваемых методами ППД.

В результате оптимизации процесса термогидрохимической обработки коэффициент трения стальной поверхности снизился в 8,3 раза, а твердого сплава – в 3,8 раза, по сравнению с исходным состоянием. Отмечена высокая термическая стабильность нанокompозитных структур полученных покрытий, которые после нагрева до 1050 °С сохраняют низкий коэффициент трения ($f = 0,09$) при отсутствии смазки.

Разработанный способ термогидрохимической обработки материалов повышает стойкость режущих и штамповых инструментов в 1,3-4,5 раза, по сравнению со стандартными.