

ТЕРМОГИДРОХИМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ГОТОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

БНТУ, 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 ready-made cutting and stamp tools by the factor of 1.3 – 8 in comparison with traditional its.

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

Разработанный процесс термогидрохимической обработки (ТГХО) осуществляли путем проведения двух операций: (а) гидрохимической обработки поверхности инструментальных материалов в вододисперсных составах на базе оксидов при температуре 90-100°C в течение 20-60 минут; (б) последующей изотермической выдержки в интервале температур 150-1050°C в течение 0,5-1 часа.

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

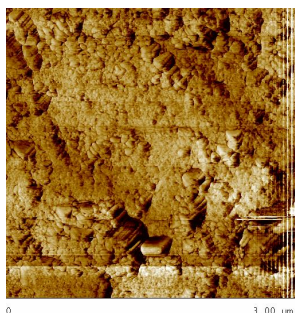
Установлено, что процесс ТГХО инструментальных материалов носит двойственный характер упрочнения: (1) на поверхности формируются твердосмазочные покрытия с дискретной наноструктурой, (2) в приповерхностной зоне

создаются поля высоких остаточных макронапряжений сжатия (180-470 МПа), сравнимых с уровнем напряжений создаваемых методами пластической деформации (ППД, МГПД, др.).

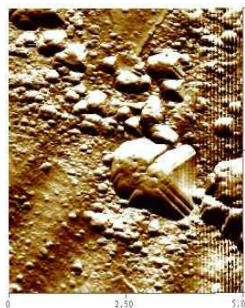
Проведена оптимизация режимов и составов ТГХО, в результате которой коэффициент трения упрочненной поверхности стали снижается до 8,3 раз, а твердого сплава – до 3,8 раза, по сравнению с исходным состоянием.

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°C преобладает наноразмерная структура слоев (рисунок 1). При нагреве выше 500°C формируется волокнистая нанокompозитная структура, которая содержит отдельные микроразмерные кристаллиты (размером более 100 нм). Полученные нанокompозитные покрытия обладают высокой термической стабильностью, сохраняя низкий коэффициент трения ($f=0,09$) до 1030-1050°C.



а)



б)

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

Изучено влияние параметров процесса ТГХО на стойкость стального, твердосплавного и алмазного инструментов. Отмечено, что стойкость этих инструментов больше зависит от гидрохимической 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.

Применение результатов исследований. Результаты производственных испытаний свидетельствуют о том, что ТГХО с использованием оптимальных наноксидных составов позволяет увеличить стойкость различных видов готового стального, твердосплавного и алмазного инструментов в 1,3-8 раз, по сравнению со стандартными (таблица 1).

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.

Таблица 1 – Результаты испытаний инструментов, подвергнутых ТГХО

| Вид инструмента | Инструментальный материал | Место испытаний инструмента | Стойкость инструмента K_w |
|---|---------------------------|---|-----------------------------|
| метчики | б.р. стали* | «VUNZ» (Чехия), «Daewoo» (Корея), «САЛЮТ», «УМПО», «ПМЗ» (РФ), «БелАЗ», «МТЗ» «Мотовело», «АГУ» | 2 – 8 |
| 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.*** | «Индмаш» | 3 – 4 |
| шлифовальные чашки | алмазсодерж. | «БелАЗ», «МПЗ» | 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 |
| волоки для металлокорда | твердые сплавы | «БМЗ» | 1.5 – 2 |

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°C сохраняют низкий коэффициент трения ($f = 0,09$) при отсутствии смазки.

Разработанный способ термогидрохимической обработки материалов повышает стойкость готовых к эксплуатации режущих и штамповых инструментов в 1,3-8 раз, по сравнению со стандартными.