Структура и механические свойства системы твердый сплав-покрытие после химико-термической обработки

Жилко Любовь Владимировна

студентка 5-го курса

Физического факультета

Белорусского Государственного Университета

Научный руководитель:
Русальский Дмитрий Петрович,
кандидат физико-математических наук,
старший научный сотрудник кафедры физики твердого тела

Цель работы:

- разработка комбинированного метода повышения износостойкости деревообрабатывающего инструмента из твердого сплава
- исследование структурно-фазового состояния модифицированного твердого сплава

Объекты исследования:

образцы твердых сплавов Т15К6, ВК6 с покрытиями на основе систем Ti-Cr-N, Mo, Mo-N и Mo-Zr-N, сформированные методом вакуумно-дугового осаждения, подвергшиеся химико-термической обработке в порошке тиомочевины.

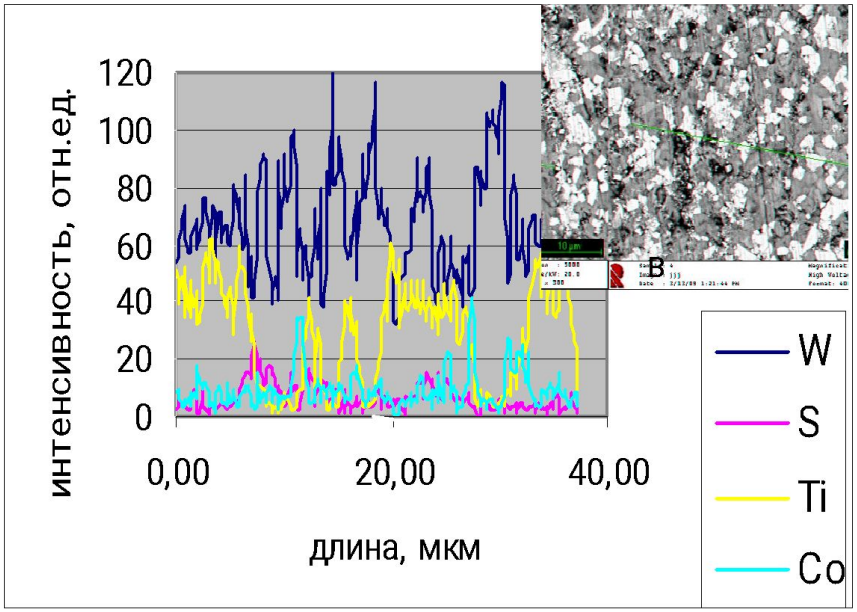
Методы исследований:

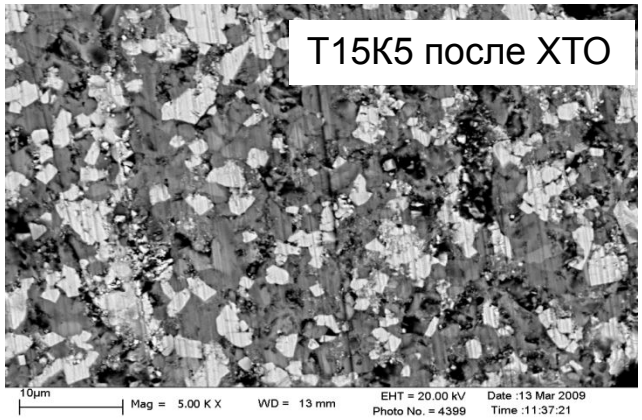
- Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ)
- Рентгеновский энергодисперсионный анализ (РЭДА)
- Рентгеноструктурный анализ (РСА)
-Трибологические испытания (трибометр ТАУ-1М, индентор ВК8, нагрузки на индентор 10..50 г)
- Микротвердость (ПМТ-3, нагрузки 200 г)
- Промышленные испытания (резание ДСП ламинированного, ЧПУП «БЕЛДАРМЕБЕЛЬ»)

1. Режим очистки поверхности твердых сплавов:
токи дуг катодов – 100А, давление азота в камере 10-1Па, напряжение смещения 1 кВ, время осаждения 1 мин.

2. Режимы осаждения покрытий:
титана и хрома - 100 А , молибдена и циркония - 180А, давление азота в камере 10-1Па, напряжение смещения 60..120 В, время осаждения 10 мин.

3. Режим химико-термической обработки (сульфацианирование):
выдержка образцов в течении 6 часов при температуре 120°С в порошке тиомочевины (NH_2-CS-NH_2).

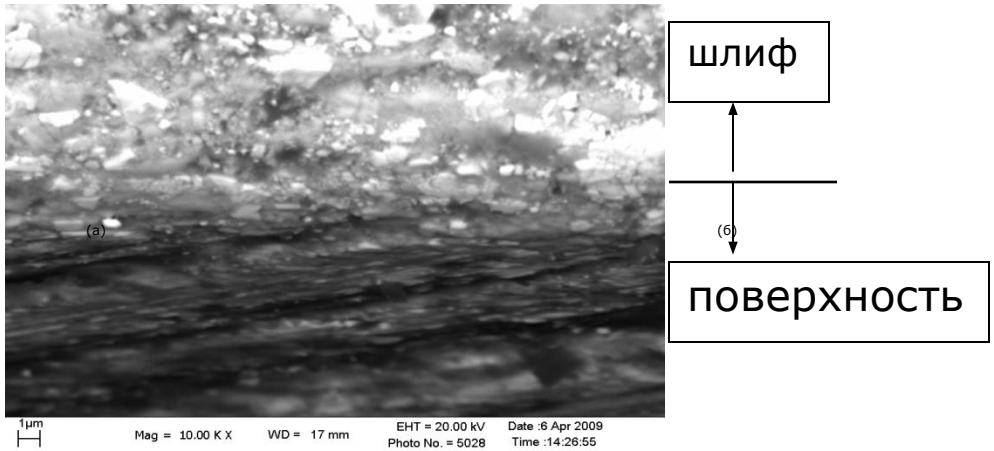




сплав представляет собой смесь частиц карбидов (WC, TiC) и кобальтовой связки

концентрация серы в поверхностном слое после ХТО составляет ~ 3 ат.%.

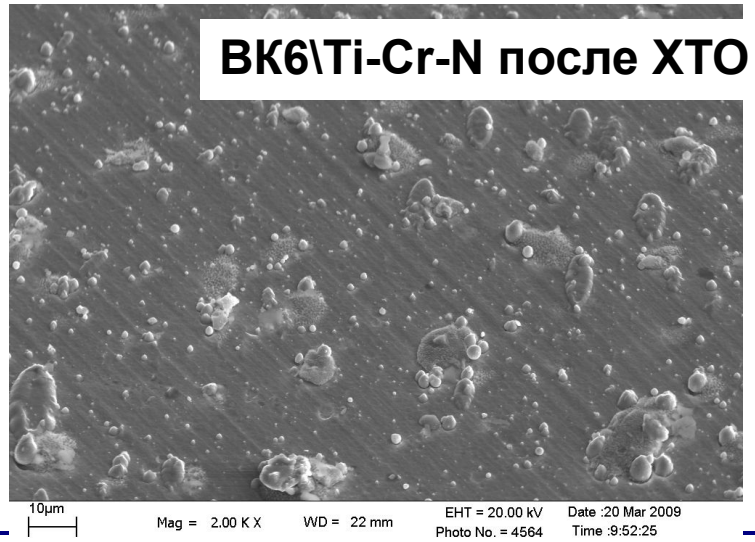
фотография поперечного шлифа



В результате ХТО на поверхности образца образуется слой с повышенным содержанием серы и углерода толщиной ~1 мкм.

название образца	фазовый состав
Т15К6	TiC, WC, Co
Т15К6 после ХТО	TiC, WC, Co
Т15К6\Mo после ХТО	TiC, WC, Mo
Т15К6\Mo-N после ХТО	TiC, WC, Mo_2N, Mo

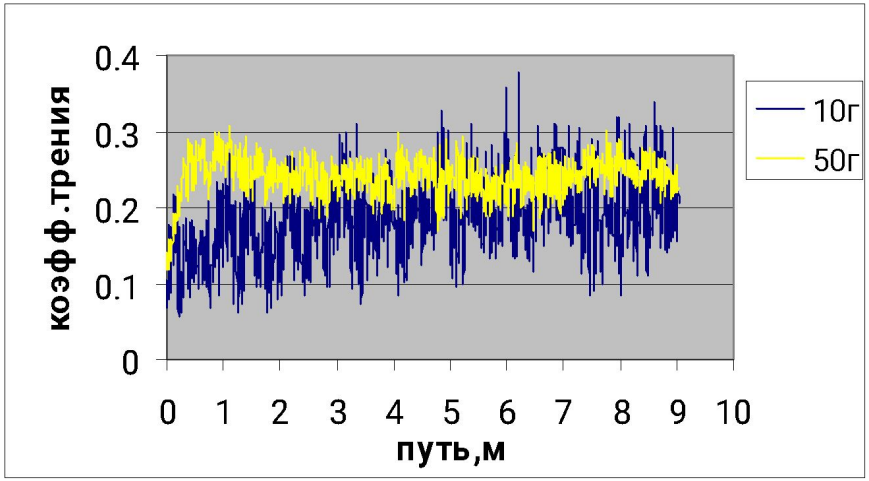
- в нитридном покрытии присутствует свободный металл



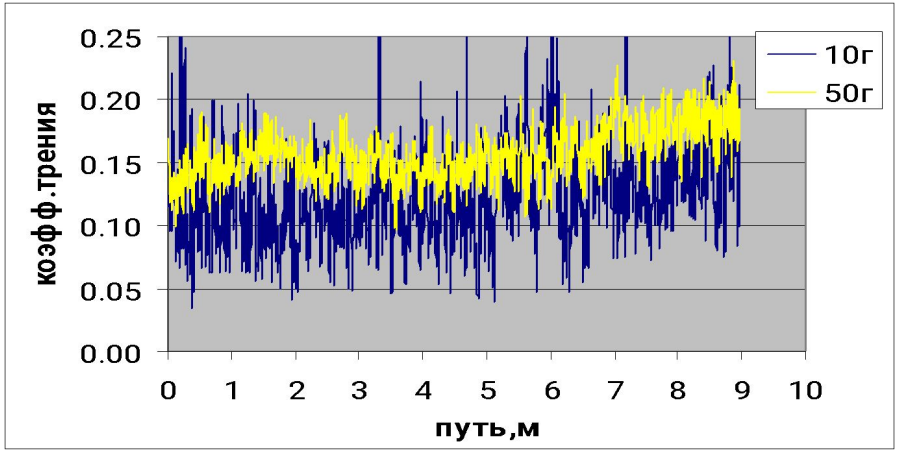
Все покрытия сформированы с различным содержанием «капельной фазы», причем наименьшее количество «капельной фазы» наблюдается в покрытии Mo-N, наибольшее в покрытии Ti-Cr-N .

зависимость коэффициента трения от пути трения,

ВК6\Mo-N после ХТО

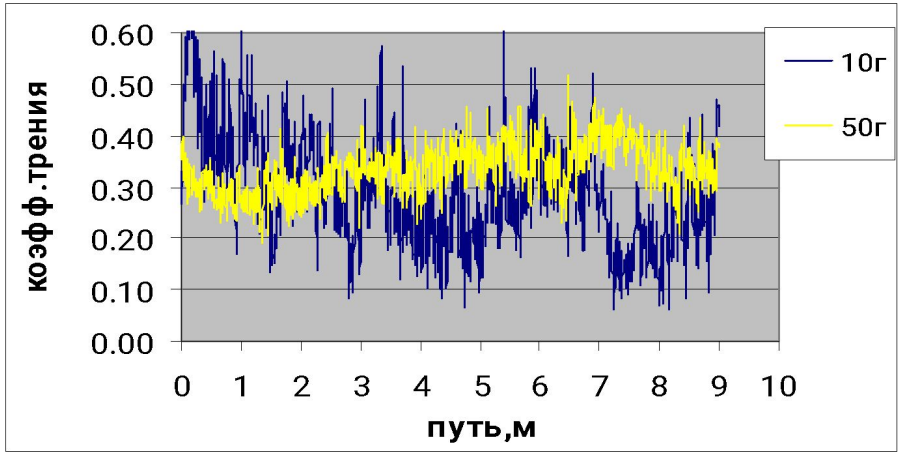


ВК6\Ti-Cr-N после ХТО

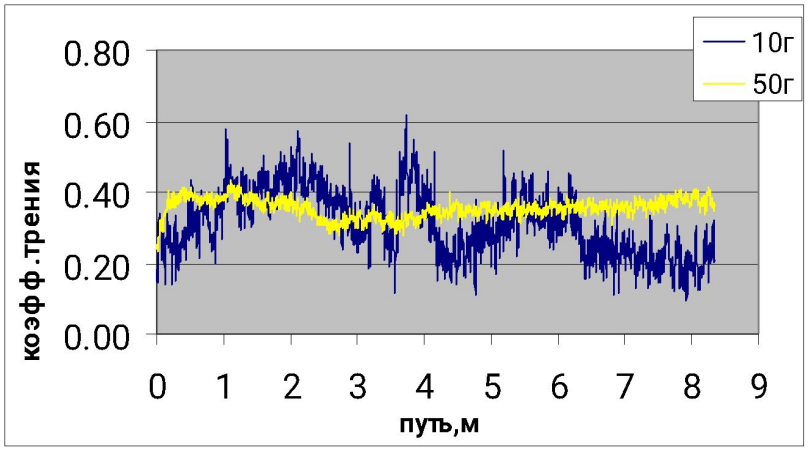


зависимость коэффициента трения от пути трения,

Т15К6 после ХТО



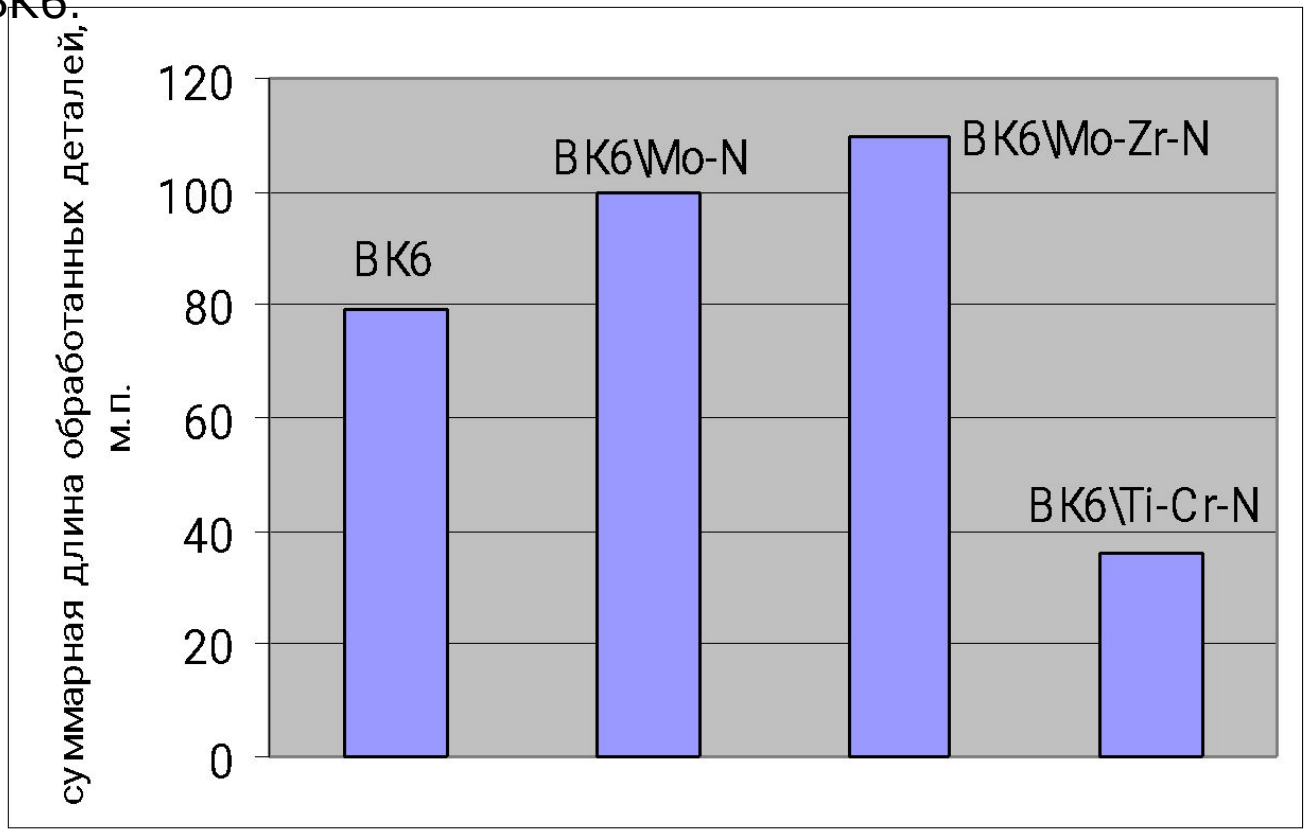
Т15К6\Mo после ХТО



Образцы	Микротвердость, ГПа	Глубина индентирования, мкм
Т15К6 (исх.)	13,6 ± 1,6	1,57 ± 0,09
Т15К6 после ХТО	6,3 ± 0,6	2,31 ± 0,11
Т15К6\Mo после ХТО	6,2 ± 0,4	2,33 ± 0,07
Т15К6\Mo-N	12,5 ± 1,0	1,64 ± 0,07
Т15К6\Mo-N после ХТО	10,7 ± 0,8	1,77 ± 0,07
ВК6 (исх)	10,7 ± 1,7	1,82 ± 0,11
ВК6\Mo-Zr-N после ХТО	6,3 ± 0,4	2,30 ± 0,08
ВК6\Ti-Cr-N после ХТО	10,2 ± 0,5	1,81 ± 0,04

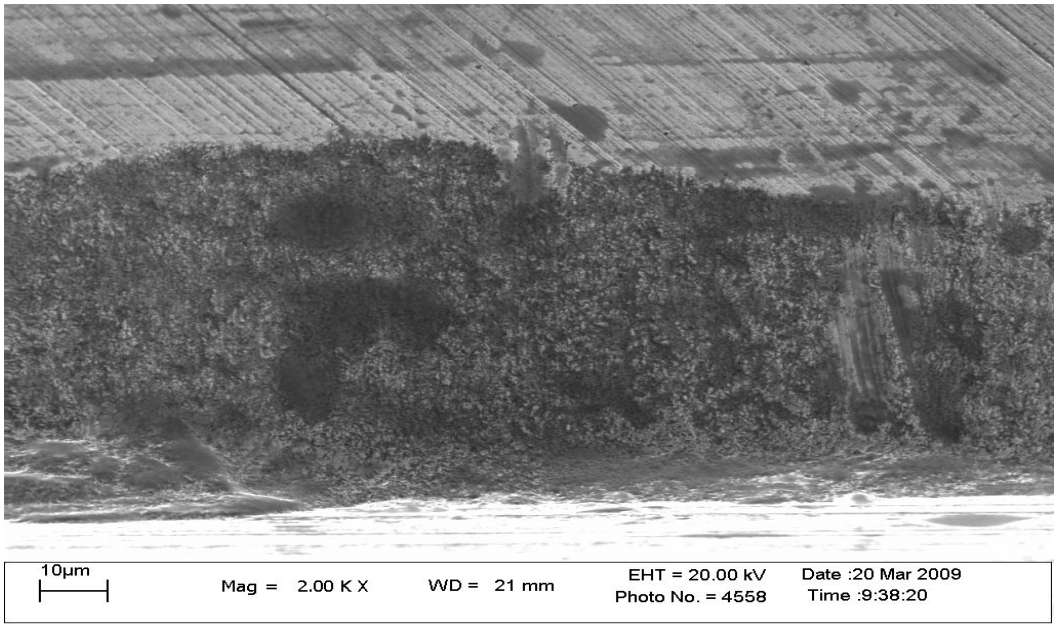
- дополнительная ХТО уменьшает микротвердость
- для образцов сплава ВК6 микротвердость практически не изменилась, за исключением образца ВК6\Mo-Zr-N (в 1,5 раза ниже) .

Эксплуатационная стойкость исходных и обработанных режущих пластин из сплава ВК6.



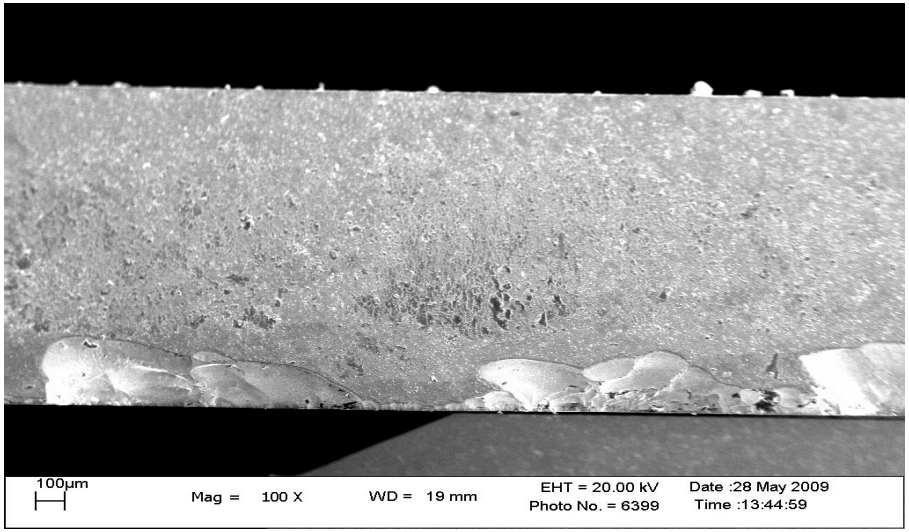
Пластины ВК6\Mo-N после ХТО и ВК6\Mo-Zr-N после ХТО обладают примерно в ~1,3 раза большей эксплуатационной стойкостью, чем необработанные пластины. Пластина ВК6\Ti-Cr-N после ХТО продемонстрировала уменьшенную в ~2,2 раза эксплуатационную стойкость.

Микроструктура режущей кромки исходной пластины (сплав ВК6) до и после испытаний.



После испытаний на режущей кромке иногда встречаются сколы размером до 200 мкм, а средняя ширина изношенной кромки составляет порядка 60 мкм.

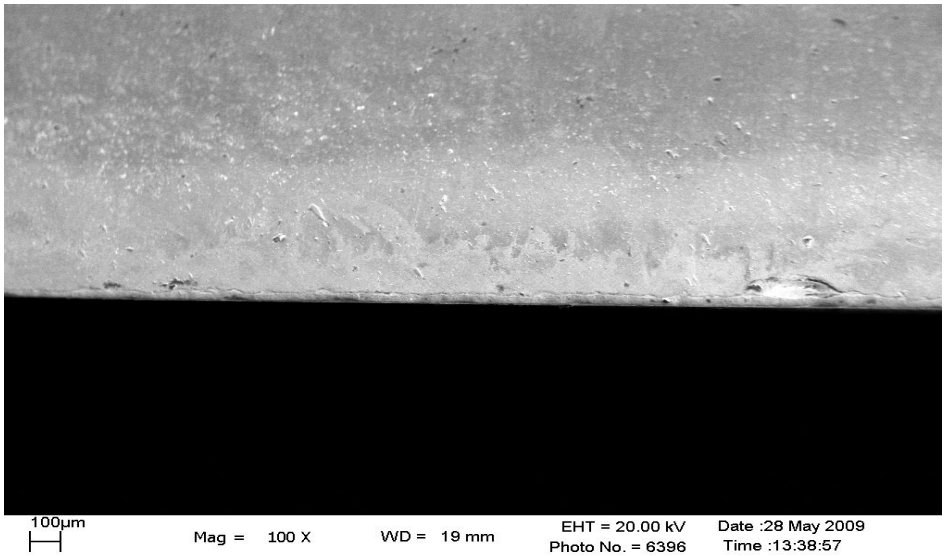
Микроструктура режущей кромки пластины (ВК6\Ti-Cr-N после ХТО) после испытаний.



Толщина покрытия составляет ~ 4 мкм. Наблюдаются сколы размером до 250 мкм. Средняя ширина изношенной кромки составляет ~ 60 мкм.

Износостойкость пластины уменьшилась в 2,2 раза

Микроструктура кромки образца ВК6\Mo-Zr-N после ХТО после испытаний.



Толщина покрытия составляет порядка 4 мкм.
Наблюдаются сколы размером до 100 мкм.
Средняя ширина изношенной кромки составляет ~ 60 мкм.
Износостойкость пластины увеличилась в 1,3 раза

Разработан комбинированный метод повышения износостойкости деревообрабатывающего инструмента из твердого сплава ВК6 на основе нитридной системы Mo-Zr-N, сформированной методом вакуумно-дугового осаждения и последующего насыщения серой, азотом и углеродом в порошке тиомочевины.

Методами рентгеновского энергодисперсионного микроанализа и сканирующей электронной микроскопии обнаружено, что после сульфацианирования в порошке тиомочевины в поверхностных слоях покрытий содержатся углерод, сера и азот.

Проведенный анализ трибологических и прочностных свойств нитридных систем (Ti-Cr-N, Mo-Zr-N, Mo-N, Mo), выявил улучшение трибомеханических свойств покрытия Ti-Cr-N, обладающего пониженным коэффициентом трения (0,15) и повышенной твердостью (10,2 ГПа).

Увеличена эксплуатационная стойкость в ~1,3 раза твердосплавных пластин после комбинированной обработки с покрытием Mo-Zr-N при резании ламинированных ДСП (акт испытаний твердосплавных пластин, см. приложение).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ