

# 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:**

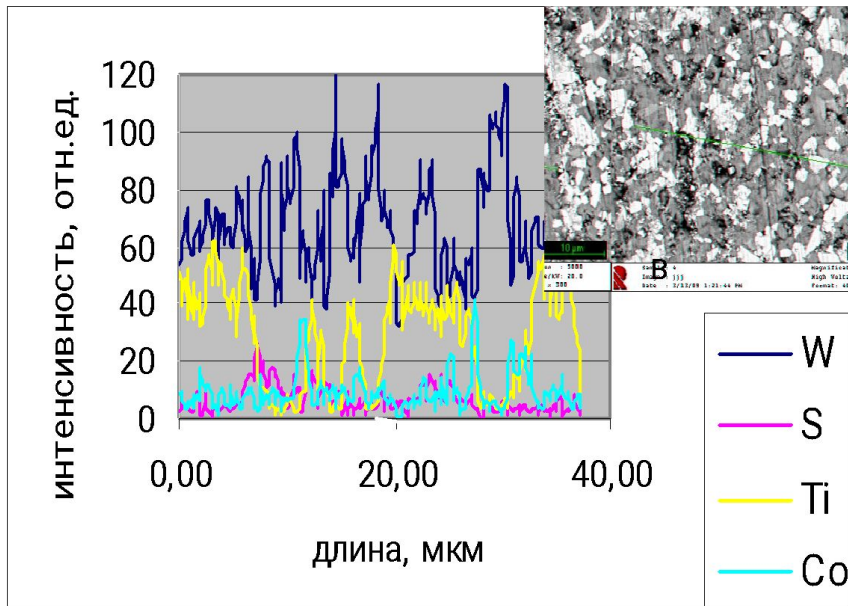
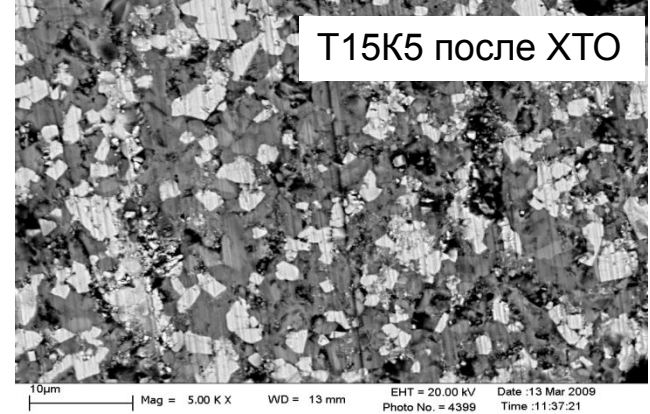
титана и хрома - 100 А , молибдена и циркония - 180А, давление азота в камере 10-1Па, напряжение смещения 60..120 В, время осаждения 10 мин.

**3. Режим химико-термической обработки**

**(сульфацианирование):**

выдержка образцов в течении 6 часов при температуре 120°С в порошке тиомочевины (NH<sub>2</sub>-CS-NH<sub>2</sub>).



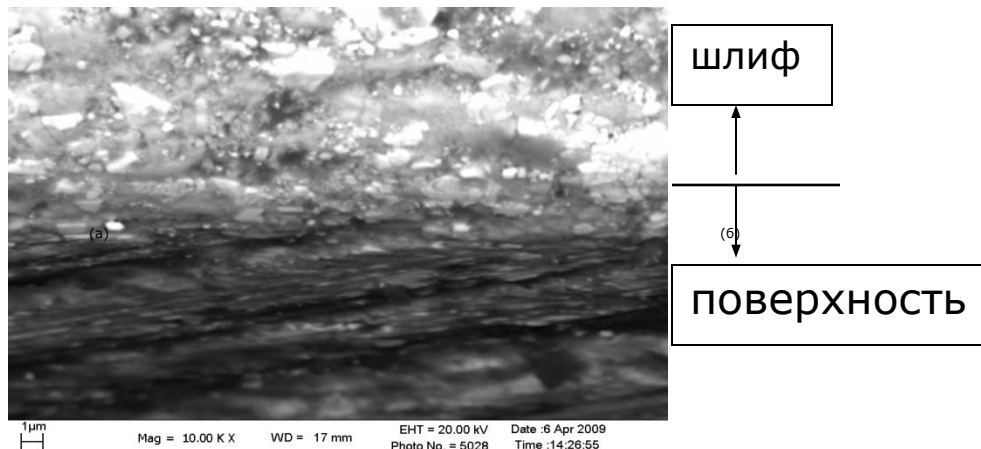


сплав представляет собой смесь частиц карбидов ( $WC$ ,  $TiC$ ) и кобальтовой связки

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



**фотография  
поперечного шлифа**



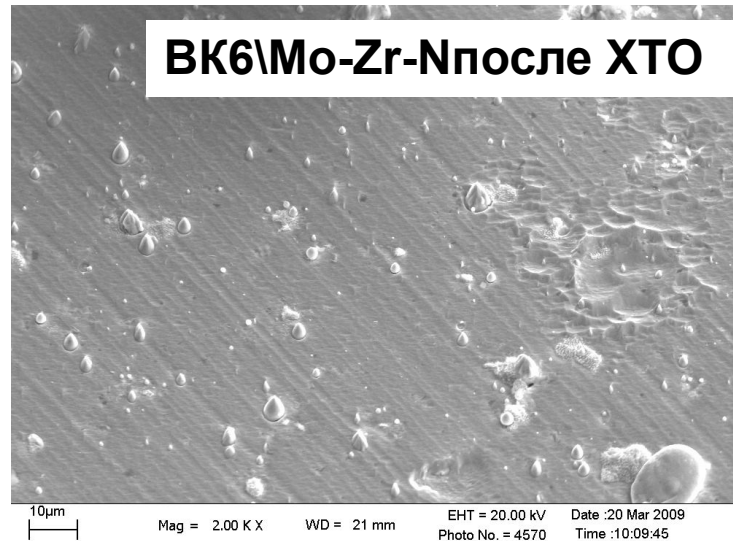
В результате ХТО на поверхности образца образуется слой с повышенным содержанием серы и углерода толщиной ~1 мкм.



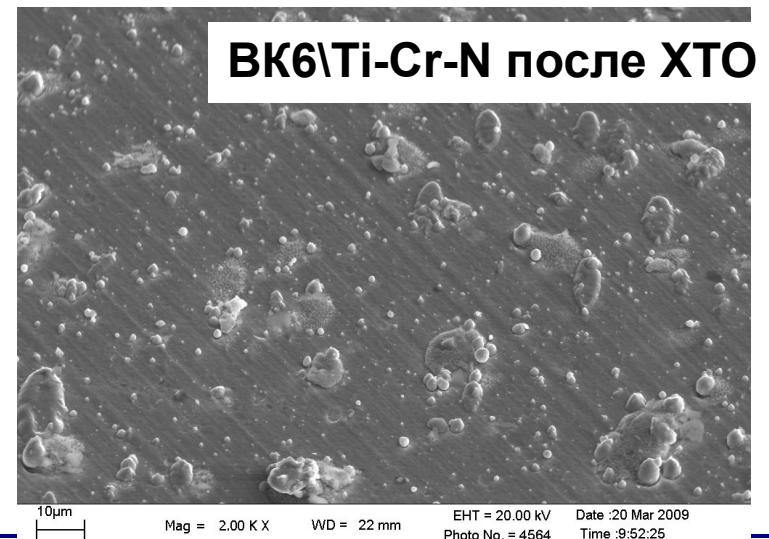
название образца	фазовый состав
T15K6	TiC, WC, Co
T15K6 после ХТО	TiC, WC, Co
T15K6\Mo после ХТО	TiC, WC, Mo
T15K6\Mo-N после ХТО	TiC, WC, Mo <sub>2</sub> N, Mo

- в нитридном покрытии присутствует свободный металл



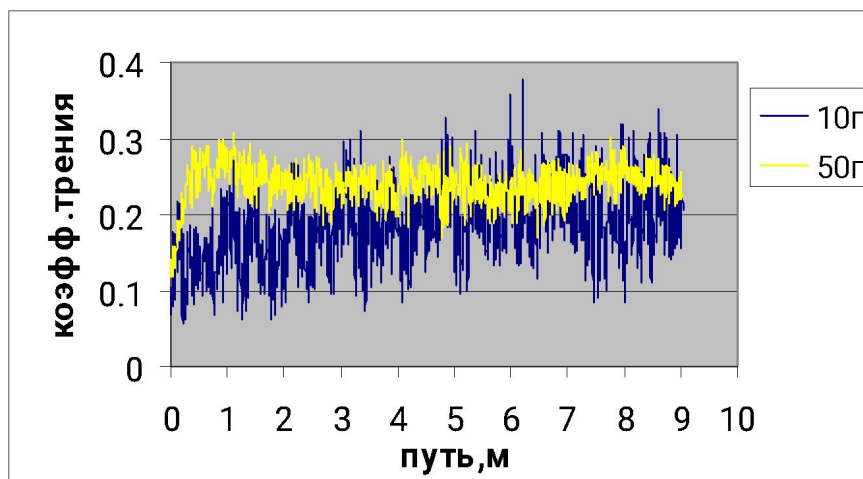


Все покрытия сформированы с различным содержанием «капельной фазы», причем наименьшее количество «капельной фазы» наблюдается в покрытии Mo-N, наибольшее в покрытии Ti-Cr-N .

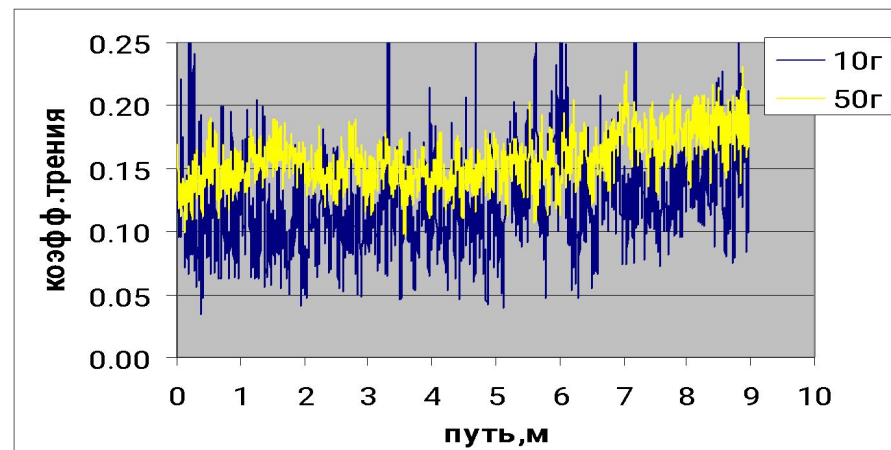


зависимость коэффициента трения от пути трения,

ВК6\Мо-N после ХТО



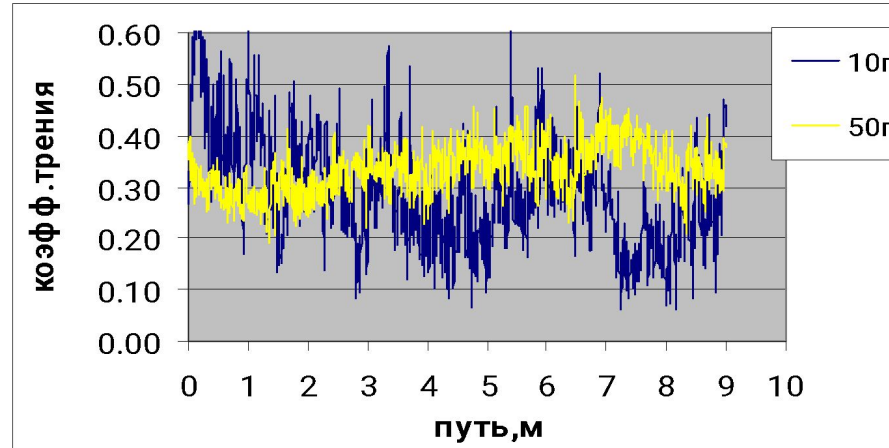
ВК6\Ti-Cr-N после ХТО



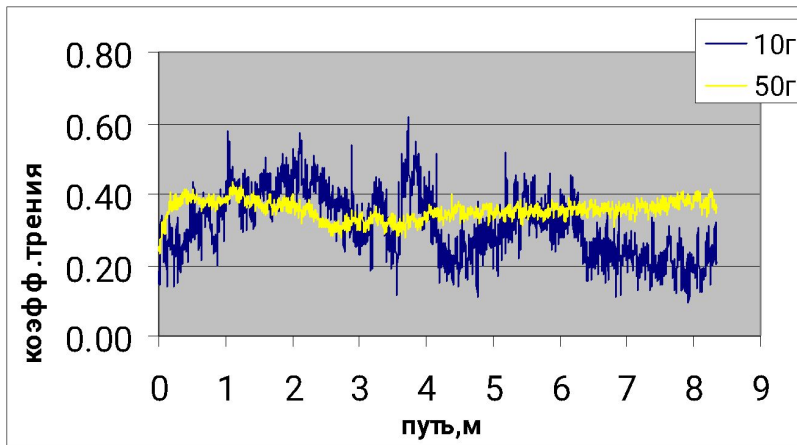


зависимость коэффициента трения от пути трения,

### T15K6 после ХТО



### T15K6\Мо после ХТО

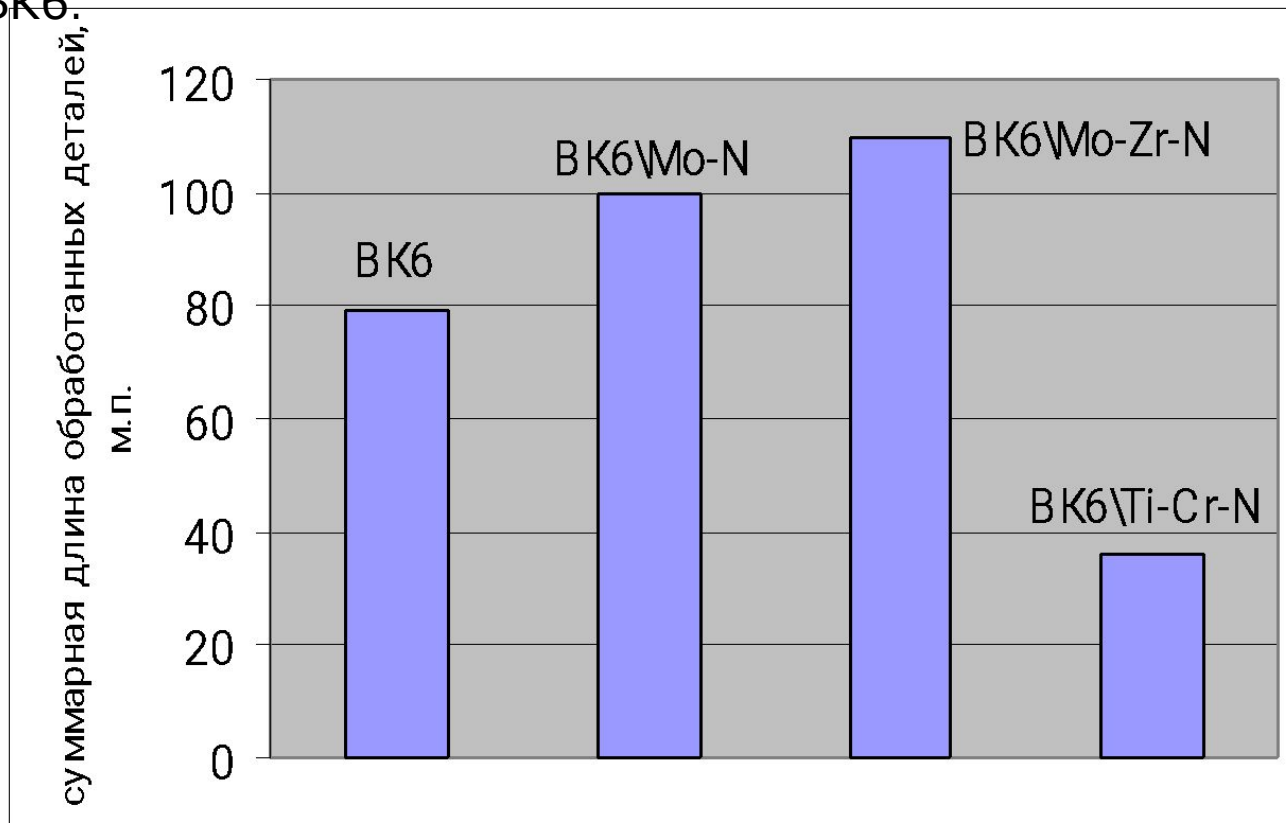


Образцы	Микротвердость, ГПа	Глубина индентирования, мкм
T15K6 (исх.)	13,6 ± 1,6	1,57 ± 0,09
T15K6 после ХТО	6,3 ± 0,6	2,31 ± 0,11
T15K6\Мо после ХТО	6,2 ± 0,4	2,33 ± 0,07
T15K6\Мо-N	12,5 ± 1,0	1,64 ± 0,07
T15K6\Мо-N после ХТО	10,7 ± 0,8	1,77 ± 0,07
VK6 (исх)	10,7 ± 1,7	1,82 ± 0,11
VK6\Мо-Zr-N после ХТО	6,3 ± 0,4	2,30 ± 0,08
VK6\Ti-Cr-N после ХТО	10,2 ± 0,5	1,81 ± 0,04

- дополнительная ХТО уменьшает микротвердость
- для образцов сплава VK6 микротвердость практически не изменилась, за исключением образца VK6\Мо-Zr-N (в 1,5 раза ниже) .



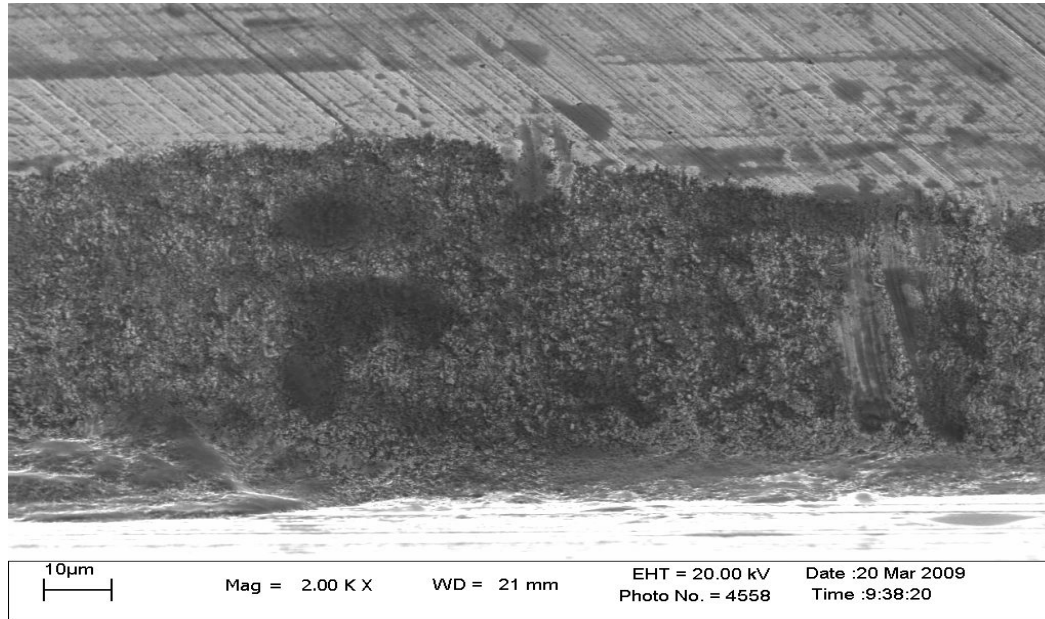
## Эксплуатационная стойкость исходных и обработанных режущих пластин из сплава ВК6.



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.



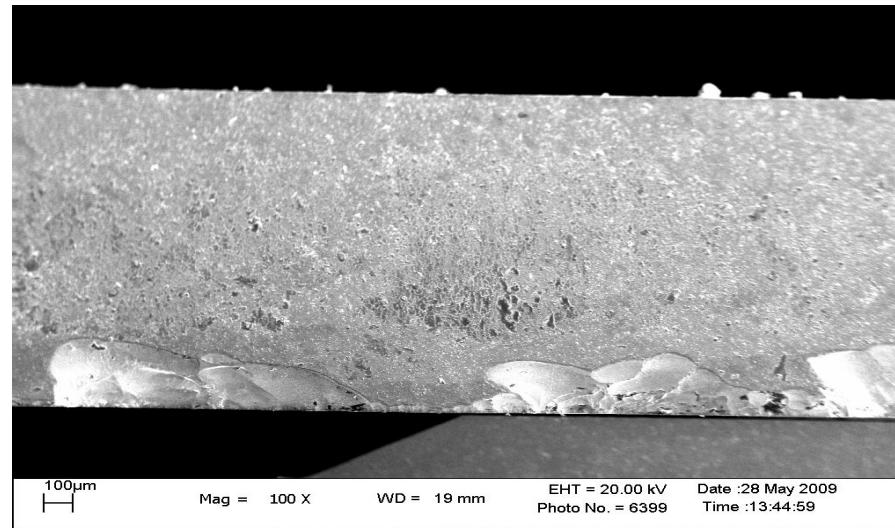
Микроструктура режущей кромки исходной пластины (сплав ВК6) до и после испытаний.



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



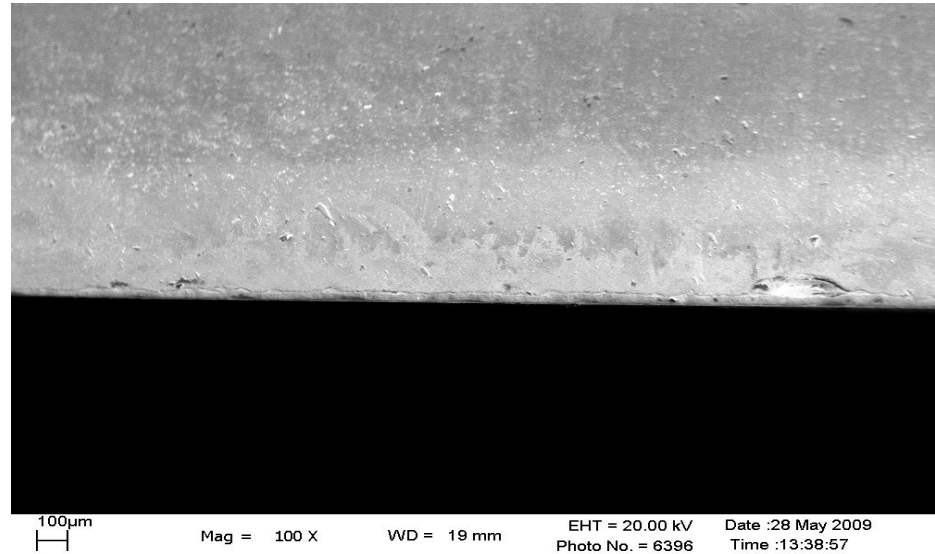
Микроструктура режущей кромки пластины (VK6\Ti-Cr-N после ХТО) после испытаний.



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\Мо-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**

