

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshepaev
ISSN 1609-1817

Volume 4, Number 99, 2016, p. 74-79

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE MODIFIED STRUCTURE AND COMPOSITION OF LAYERS ON CUTTING TOOL PERFORMANCE

Zhusupov Kenes Amirlovich, Cand.Sc.(Tech.), associate professor, Kazakh academy of transport and communications, Almaty, Kazakhstan, kenes_atabai@mail.ru

Seitkulov Abdumalik Rakhimovich, Cand.Sc.(Tech.), head of department, Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan, a.seitkulov@mail.ru

Karabashev Oralbek Ernazarovich, master of technical sciences, senior teacher, Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

Abstract. Studied tools hardening process, particularly the formation of wear resistant layers defining the operational characteristics of the tool during cutting of hard alloys. The effect of the hardening process parameters on the basic characteristics of the surface layer is being investigated.

Keywords: cutting tools, coating, the surface layer, treatment regimens, resistance.

УДК 621.9.075

К.А. Жусупов¹, А.Р. Сейткулов², О.Э. Карабашев²

¹Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОЕВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация. Исследован процесс упрочнения инструментов, особенности формирования износостойких слоев, определяющие эксплуатационные характеристики инструмента в процессе резания труднообрабатываемых сплавов. Установлено влияние параметров процесса упрочнения на основные характеристики поверхностного слоя.

Ключевые слова: режущий инструмент, покрытие, поверхностный слой, режимы обработки, стойкость.

На основе разработанных положений и систематизации соединений, наиболее пригодных для формирования слоев многослойно-наноструктурно-композиционного покрытия (МКНП), представлены некоторые рекомендации по составам слоев МКНП, предназначенные для нанесения на режущие инструменты, для обработки стали и чугунов.

Реализацию методологических положений по формированию МКНП производили применительно к нескольким типам режущего инструмента – резцам и

торцовым фрезам с механическим креплением сменных многогранных пластин (СМП), цельно-твёрдосплавным и быстрорежущим сверлам и концевым фрезам.

Эффективность МКНП сравнивали с соответствующими характеристиками инструмента, имеющего стандартные покрытия. Исследования проводили при сухом резании или использовании смазочно-охлаждающих технологических сред при точении, сверлении, фрезеровании сталей и трудно-

обрабатываемых материалов с использованием стандартного станочного оборудования.

Количественный анализ МКНП на основе Ti-TiN-(Ti,Al)N показал, что соотношение Ti/Al в износостойком слое (Ti,Al)N существенно изменяется при изменении таких параметров процесса фильтруемого катодно-вакуумно-дугового осаждения (ФКВДО), как – ток дуги при испарении титана I , давление азота p и напряжение смещения при осаждении покрытия U . В частности, изменение I от 40 до 80 А приводит к изменению массовой доли Ti в покрытии от 21,3 до 38,3 % при соответствующем изменении массовой доли Al от 44,7 до 33,0 %, что полностью подтверждает положения работ [1,2]. Очевидно, что изменение состава слоев МКНП оказывает сильное влияние и на режущие свойства инструмента.

Изучено и установлено сильное влияние основных параметров процесса ФКВДО (I, p, U) при формировании износостойкого слоя (Ti,Al)N (слой 1 МКНП) на его важнейшие характеристики – микротвёрдость, толщина, прочность адгезии с промежуточным слоем TiN (слой 2 МКНП). Установлено, что с увеличением U изменение микротвёрдости слоя (Ti,Al)N

имеет экстремальный характер, в то время как его толщина уменьшается, а прочность адгезии со слоем TiN возрастает.

Разработку математических моделей процесса ФКВДО проводили применительно к осаждению МКНП Ti-TiN-(Ti,Al)N на твердосплавные СМП, предназначенные для чистовой и получистовой обработки сталей и чугунов (области применения (K01-K20, P01-P20)). Диапазон варьирования факторов p, U, I выбирали таким образом, чтобы разрабатываемая модель была справедлива для всей области управления, а значения варьируемых факторов внутри выбранной области были практически реализуемы. Выбранные диапазоны варьируемых факторов имели следующие значения: $p = 5 \cdot 10^{-2} - 3 \cdot 10^{-1}$ Па, $U = 75 - 200$ В,

$I = 40 - 130$ А. Математическая модель, устанавливающая связи между наиболее значимыми параметрами процесса ФКВДО I, p, U и стойкостью инструмента T , оснащенного СМП из T14K8 с МКНП Ti-TiN-TiAlN применительно к продольному точению стали 45 НВ 200 с $t=1,0-4,0$ мм; $S=0,150,6$ мм/об и $v=150-350$ м/мин, была использована для процедуры оптимизации процесса ФКВДО и имела следующий вид:

$$T = 2,39 \cdot I^{Ti-8,60} \cdot p^{N-3,29} \cdot U^{c-0,33} \exp(8,26 \cdot 10^{-2} I^{Ti} + 13,7 p^{N} + 7,88 \cdot 10^{-3} U^c)$$

Проведены широкие исследования структуры, параметров, морфологии и состав слоев МКНП на основе системы Ti-TiN-TiAlN, результаты которых позволяют отметить следующее.

Износостойкий слой (Ti,Al)N имеет ультрадисперсную структуру с толщиной субслоев порядка 15-25 нм. Среднее значение соотношения Ti и Al в слое (Ti,Al)N составило 2,6. Слой (Ti,Al)N имеет столбчатую структуру, ориентированную перпендикулярно к плоскости подслоя TiN. Толщина субслоев промежуточного TiN-слоя также составляет порядка 25 нм, что позволяет классифицировать многослойно-композиционное покрытие как наноструктурированное [3].

Структура слоя (Ti,Al)N (рис.1,а) свидетельствует о нано-размерной толщине субслоев слоя. Морфология поверхности износостойкого слоя (Ti,Al)N, полученного при использовании стандартной (рис.1,б) и разработанной (ФКВДО) (см. рис.1,в) технологий наглядно демонстрирует существенное улучшение качества поверхностного слоя при практически полном отсутствии микрокапель.

Разработанную методологию формирования МКНП использовали и для получения составов МКНП для вариантов чистового, получистового и тяжелого резания широкой гаммы обрабатываемых материалов.

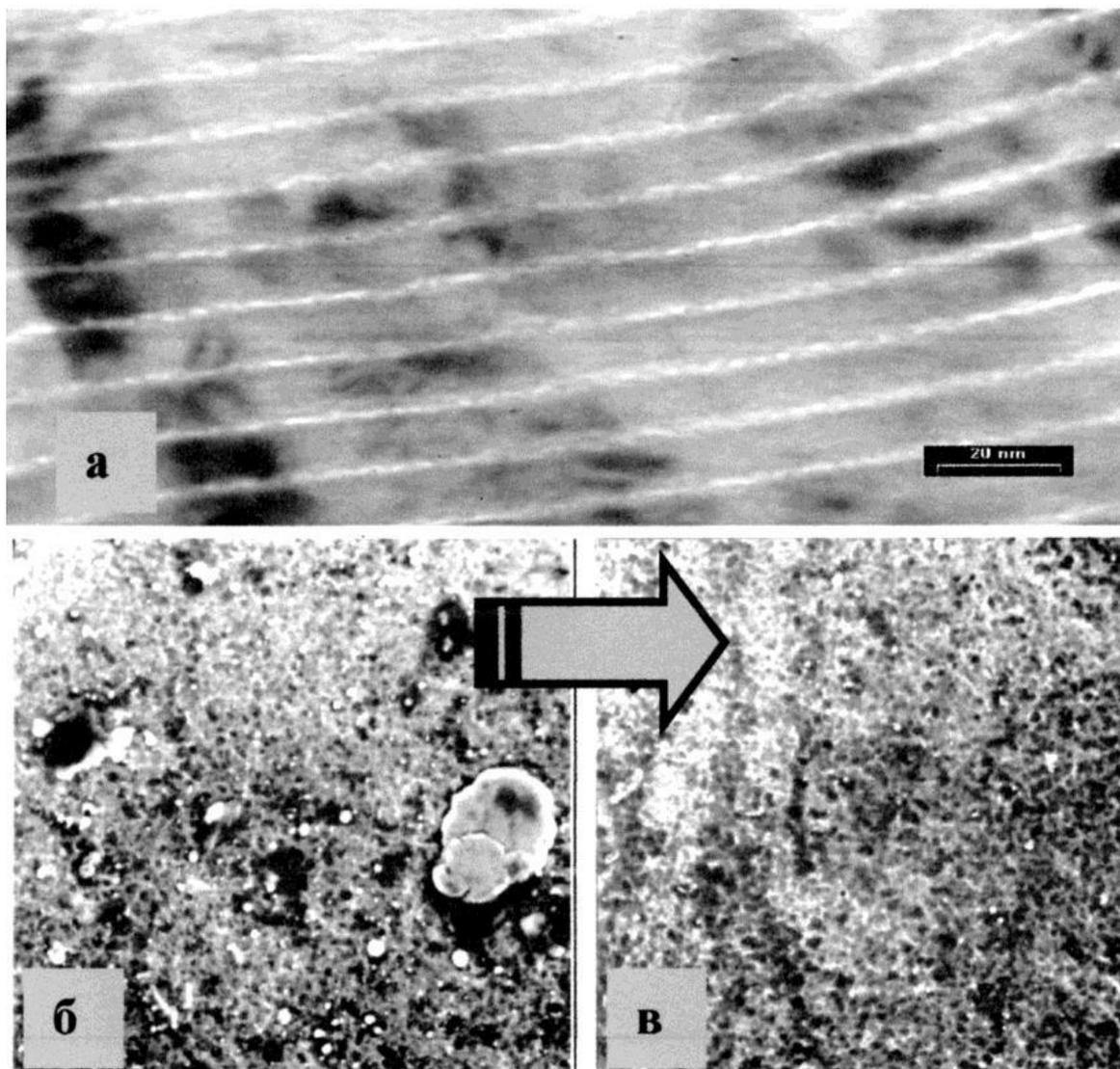


Рисунок 1 – Структура МКНП (а, $\times 100000$) и морфология его поверхности, полученная при использовании стандартного (б, $\times 3000$) и фильтруемого (в, $\times 3000$) вакуумно-дуговых процессов

Для оценки режущих свойств различных типов инструмента с разработанными МКП были проведены лабораторные и промышленные исследования различных типов режущего инструмента с разработанными покрытиями.

На рис.2, а, б приведены данные сравнительных исследований стойкостных свойств торцовых фрез, оснащенных СМП из сплава ВК6 без покрытия (кривые 1), со стандартным МКНП (Zr,Cr)N (кривые 2) и с разработанными МКНП (Ti,Zr)-ZrN-(Zr,Cr)N (кривые 3), при сухом

симметричном фрезеровании деформируемого двухфазного ($\alpha+\beta$) титанового сплава ВТ-14 при изменении скорости резания $v=50-110$ м/мин и подачи $S=0,1-0,25$ мм/об. Полученные данные позволяют отметить, что СМП с разработанными МКНП заметно превышают по стойкости СМП без покрытия (в 1,8-2,4 раза) и СМП со стандартными МКНП (1,5-1,7 раза) для достаточно широкого диапазона изменения скорости резания и подачи, причем, с ростом скорости резания и подачи отмеченный эффект возрастает (см. рис.2, а, б).

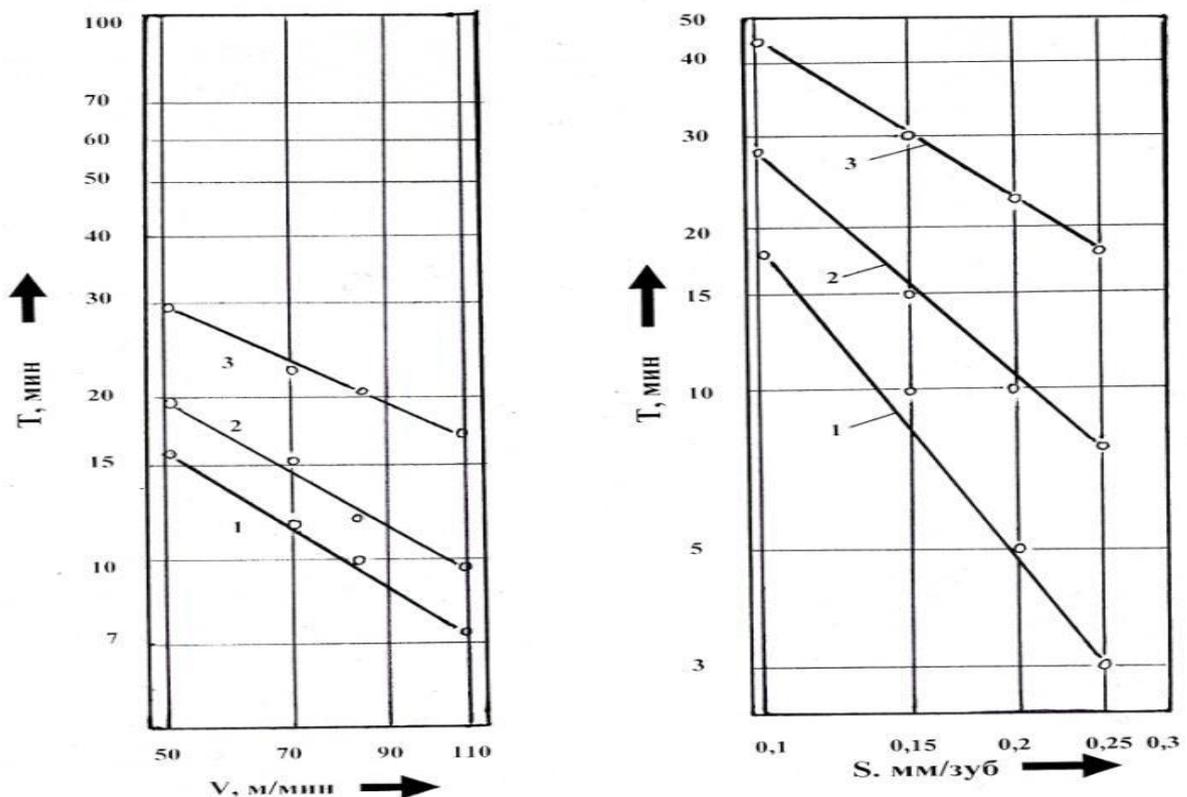


Рисунок 2 – Влияние скорости резания v (a , $t = 1,0$; $SZ = 0,2$ мм/зуб; $B = 40$ мм) и подачи S (b , $t = 1,0$; $v = 100$ м/мин; $B = 40$ мм) на стойкость торцевых фрез, оснащенных СМП из сплава ВК6 ($Z = 1$; $D_{фр} = 128$ мм) с различными покрытиями при сухом фрезеровании (симметричном) титанового сплава ВТ-14: 1 – контрольные СМП из сплава ВК6 без покрытия; 2 – СМП из сплава ВК6 со стандартным МКНП (Zr, Cr)N; 3 – СМП из сплава ВК6 с разработанным МКНП (Ti, Zr)- ZrN -(Zr, Cr)N, полученным при использовании процесса ФКВДО.

Разработанные МКНП показали высокую эффективность при продольном точении стали 45, и труднообрабатываемых сплавов ХН77ТЮР и ВТ-14, которые обеспечивали повышение времени наработки инструмента на отказ до 3...5 раз при точении конструкционной стали 45 и до 1,5-3 раз при точении сплавов ВТ-14 и ХН77ТЮР по сравнению со стойкостью инструмента со стандартными типами покрытий, рекомендуемых для указанных целей.

Выводы. Анализ данных позволяет отметить достаточно высокую

эффективность СМП из твердого сплава Т14К8 с разработанным МКНП по сравнению с лучшими зарубежными аналогами при тяжелой восстановительной обточке катальной поверхности колесных пар подвижного состава железных дорог. В частности, для СМП с разработанными МКНП отмечено не только более высокое среднее значение стойкости (88,1 мин) и коэффициента стойкости $K_{ст}$ (2,19), но и снижение коэффициента вариации стойкости ($v = 0,355$).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Верещака А.С. Повышение эффективности инструмента путем управления составом, структурой и свойствами покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2005. – № 9. – С. 9-19.

[2] Гольдштейн М.И. Металлофизика высокопрочных сплавов / М.И. Гольдштейн, В.С. Литвинов, Б.М. Бронфин. – М.: Metallurgia, 1996. – 312 с.

[3] Grigoriev S.N., Vereschaka A.A., Vereschaka A.S., Kutin A.A. Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings // Fifth cirp conference on high performance cutting, 2012. – book series: Procedia CIRP. – 2012. – V. 1. – P. 301-306.

REFERENCES

[1] Vereshchaka A.S. Povysheniye effektivnosti instrumenta putem upravleniya sostavom, strukturoy i svoystvami pokrytiy // Uprochnyayushchiye tekhnologii i pokrytiya. – 2005. – № 9. – S. 9-19.

[2] Gol'dshteyn M.I. Metallofizika vysokoprochnykh splavov / M.I. Gol'dshteyn, V.S. Litvinov, B.M. Bronfin. – М.: Metallurgia, 1996. – 312 с.

[3] Grigoriev S.N., Vereschaka A.A., Vereschaka A.S., Kutin A.A. Cutting tools made of layered composite ceramics with nano-scale multilayered coatings // Fifth cirp conference on high performance cutting, 2012. – book series: Procedia CIRP. – 2012. – V. 1. – P. 301-306.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СЛОЕВ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Жусупов Кенес Амирлович, к.т.н., доцент, Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, г. Алматы, Казахстан, kenes_atabai@mail.ru

Сейткулов Абдумалик Рахимович, к.т.н., зав. кафедрой, Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан, a.seitkulov@mail.ru

Карабашев Оралбек Эрназарович, магистр технических наук, ст. преподаватель Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан.

МОДИФИЦИЯЛАНҒАН ҚАБАТТАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫСЫ МЕН ҚҰРАМЫНЫҢ КЕСУ АСПАПТАРЫНЫҢ ПАЙДАЛАНУ СИПАТТАМАЛАРЫНА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

Жусупов Кенес Амирлович, т.ғ.к., доцент, М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуникациялар академиясы, Алматы қ., Қазақстан, kenes_atabai@mail.ru

Сейткулов Абдумалик Рахимович, т.ғ.к., кафедра меңгерушісі, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан, a.seitkulov@mail.ru

Карабашев Оралбек Эрназарович, т.ғ. магистрі, аға оқытушы, Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан.

Аңдатпа. Жұмыста қиын өңделетін қорытпалармен кесу кезінде аспаптардың пайдалану сипаттамаларын анықтайтын тозуға төзімді қабаттардың қалыптасу ерекшеліктері және аспаптарды беріктендіру процестері зерттелген. Сонымен бірге беріктендіру параметрлерінің беттік қабаттың негізгі сипаттамаларына әсері дәлелденген.

Түйінді сөздер: кесу аспабы, жабынды, беттік қабат, өңдеу режимдері, төзімділік.