

**Влияние состава износостойких покрытий  
на их физико-механические свойства**

**А.В. Боровков, студент 1 курса инженерно-технологического факультета  
Научный руководитель: А.В. Чихранов, к.т.н.**

**Технологический институт – филиал ФГОУ ВПО «Ульяновская  
государственная сельскохозяйственная академия»**

Применение режущего инструмента с износостойкими покрытиями является одним из самых перспективных путей повышения его работоспособности. В настоящее время наиболее широкое применение нашли режущие инструменты с износостойкими ионно-плазменными покрытиями. Особое широкое применение находят покрытия сложного состава на основе нитрида титана, дополнительно легированного кремнием, хромом, молибденом, алюминием, цирконием, железом. Такие составы используются и при разработке различных конструкций многослойных покрытий. Однако при этом необходимо провести сравнительный анализ их физико-механических свойств, к основным из которых относятся твердость и адгезионная прочность.

В работе исследовали микротвердость и коэффициент отслоения износостойких ионно-плазменных покрытий TiN, TiAlN, TiZrN, TiFeN, TiCrN, TiMoN, TiSiN. Износостойкие покрытия наносили методом конденсации вещества в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ). Технологические режимы нанесения и химический состав покрытий выбирали согласно рекомендациям работы [1]. Определение микротвердости покрытий проводили по методике, описанной в работе [2], путем экстраполяции на нулевую глубину проникновения индентора. Коэффициент отслоения, оценивающий адгезионную прочность покрытия и инструментальной основы, определяли как отношение площади отслоившегося покрытия к площади отпечатка, полученного при индентировании на твердомере Роквелла стандартным коническим индентором, с углом при вершине 120°. В качестве инструментальной основы использовали пластины из твердого сплава ВК6.

Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

Исследованиями установлено, что дополнительное введение в состав покрытий легирующих элементов приводит к увеличению микротвердости  $H_{\square}$  (рис. 1). Это связано с тем, что в результате легирования образуются твердые растворы замещения с кристаллической решеткой нитрида титана. Однако степень влияния легирующих элементов на изменение микротвердости покрытий различна. Наибольшее повышение микротвердости наблюдается у покрытий нитрида титана, легированных цирконием и алюминием, а наименьшее – железом и кремнием.

Влияние легирующих элементов на адгезионную прочность покрытий на основе нитрида титана неоднозначно (рис. 2). Дополнительное введение в состав покрытий циркония, хрома, кремния и молибдена приводит к

увеличению коэффициента отслоения, что связано со снижением адгезионной прочности покрытий. Введение же в состав покрытий алюминия и железа наоборот приводит к снижению коэффициента отслоения, т. е. увеличению прочности сцепления покрытия с инструментальной основой.

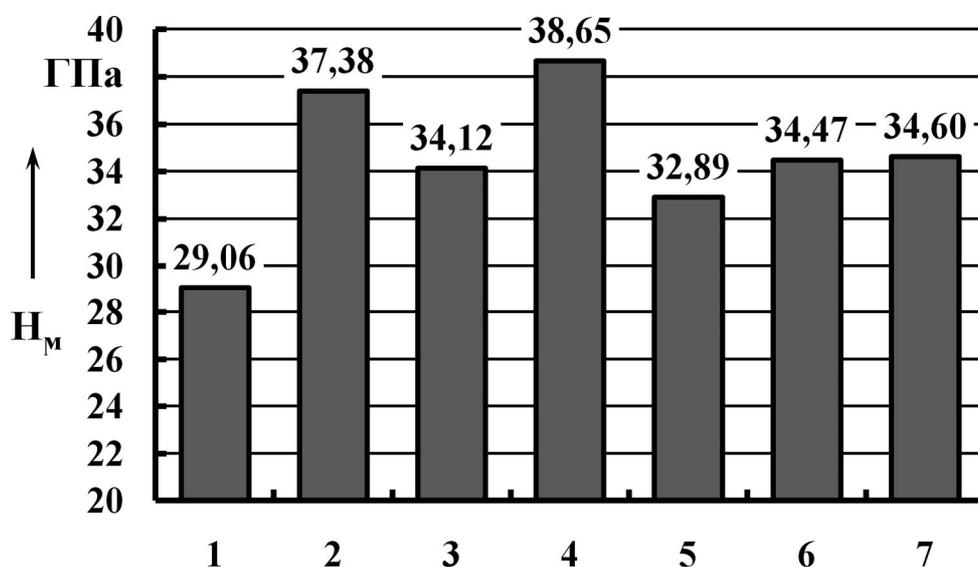


Рис. 1. Влияние состава сложных покрытий на их микротвердость  $H_m$ :  
1 – TiN; 2 – TiAlN; 3 – TiSiN; 4 – TiZrN; 5 – TiFeN; 6 – TiCrN; 7 – TiMoN

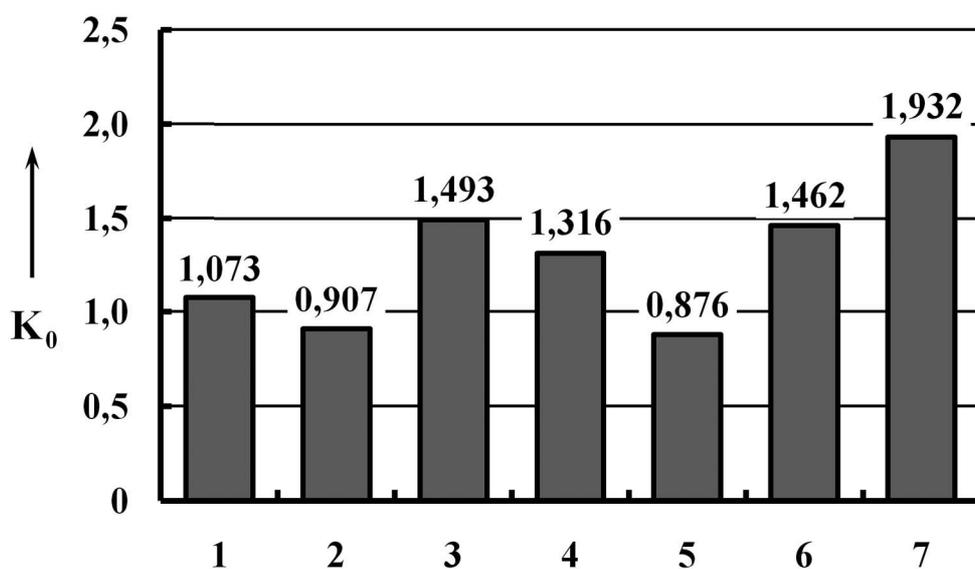


Рис. 2. Влияние состава сложных покрытий на коэффициент отслоения  $K_0$ :  
1 – TiN; 2 – TiAlN; 3 – TiSiN; 4 – TiZrN; 5 – TiFeN; 6 – TiCrN; 7 – TiMoN

Проведенные исследования позволяют на основе полученных результатов разрабатывать различные конструкции многослойных покрытий, с учетом физико-механических свойств материала каждого слоя. В то же время полученные результаты являются только исходными данными. Для дальнейшего совершенствования конструкций покрытий требуется проведение дополнительных исследований по определению не только других физико-

механических свойств материала покрытий, но и контактных характеристик, теплового и напряженного состояния режущего клина инструмента.

Литература:

1. Табаков В.П. Формирование износостойких ионно-плазменных покрытий режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 2008. – 311 с.
2. Табаков В.П., Чихранов А.В. Определение механических характеристик износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитрида титана. – Известия Самарского научного центра РАН, Т. 12, 2010. – № 4. – 13-24 С.

УДК 678.026.345 (048.8)

**Исследование адгезии покрытий, полученных сверхзвуковым газодинамическим напылением**

**А.А.Гайдук, студент 4 курса, факультета Агротехники и энергообеспечения  
Научный руководитель: Ю.А.Кузнецов, д.т.н., профессор**

**ФГОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»**

Исторически возникновение способа сверхзвукового газодинамического напыления (ГДН) можно связать с обнаружением российскими учеными закрепления металлических частиц на лобовой поверхности преграды при ее обтекании сверхзвуковым двухфазным потоком в институте прикладной механики в Новосибирске. Выполнив специальные исследования по взаимодействию двухфазного потока с преградой А.П. Алхимов, В.Ф. Косарев и А.Н. Папырин установили, что, при превышении некоторого значения скорости потока, которое было названо критической скоростью, может происходить осаждение толстого слоя твердых металлических частиц на преграде. Данный метод в настоящее время широко известен в мире как «холодное напыление» («Cold Spray»). [1]

Суть ГДН состоит в том, что мелкие металлические частицы, находящиеся в твердом состоянии, ускоряются сверхзвуковым газовым потоком до скорости 500-800 м/с и направляются на восстанавливаемую поверхность детали. Сталкиваясь с поверхностью в процессе высокоскоростного удара, частицы закрепляются на ней, формируя сплошное покрытие.

В наиболее распространенных газотермических способах нанесения покрытий для их формирования из потока частиц необходимо, чтобы падающие на основу частицы имели высокую температуру, обычно выше температуры плавления материала. При газодинамическом напылении, это условие не является обязательным, что и обуславливает ее уникальность. В данном случае с твердой основой взаимодействуют частицы, находящиеся в нерасплавленном состоянии, но обладающие очень высокой скоростью [1].