

## УДК 621.9.025

**МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДА НИОБИЯ**

Александр Сергеевич Шаврыгин

*Магистр 2 курса,  
кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»  
Ульяновский государственный технический университет**Научный руководитель: А.В. Чихранов,  
кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты»*

В настоящее время для повышения работоспособности деталей машин, режущего инструмента широкое применение получили различные виды износостойких покрытий, в том числе наносимые методом физического осаждения из паровой фазы (PVD) [1, 2]. В то же время можно отметить, что подавляющее большинство их них в качестве основы использует нитриды титана, молибдена и циркония или их соединения с добавками одного или нескольких легирующих элементов (чаще всего алюминия, кремния, хрома, железа) [2, 3]. Таким образом, гамма существующих покрытий является достаточно ограниченной. Одним из перспективных материалов для создания покрытий можно считать ниобий, нитрид которого обладает самой низкой теплопроводностью по сравнению с другими нитридами тугоплавких металлов. В то же время данные по механическим свойствам покрытий на основе нитрида ниобия практически отсутствуют.

В работе проведено исследование механических свойств износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитрида ниобия, наносимых методом конденсации вещества в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ) на установке «Булат-6Т». Измерение механических свойств (микротвердости  $H_v$ , модуля упругости первого рода  $E$ , вязкости разрушения  $K_{ICP}$  и коэффициента отслоения  $K_O$ ) проводили по методикам, изложенным в работах [4, 5]. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Механические свойства износостойких покрытий на основе нитридов тугоплавких элементов

Покрытие	$H_v$ , ГПа	$E$ , ГПа	$K_{ICP}$ , МПа·м <sup>1/2</sup>	$K_O$
TiN	27,9	305	9,96	0,04
NbN	29,6	499	9,78	0,07
TiNbN	29,7	498	10,12	0,8
NbTiN	30,6	489	11,03	1,2
NbZrN	26,5	507	13,30	0,04
NbTiAlN	31,4	455	12,64	0,02
NbTiZrN	31,5	575	11,55	0,08
Подложка – твердый сплав NTi10				

Как видно из представленных данных нитрид ниобия обладает более высокой микротвердостью и модулем упругости первого рода по сравнению с нитридом титана. В то же время эти покрытия обладают хорошей адгезионной прочностью (о чем свидетельствует низкий коэффициент отслоения покрытий  $K_O$ ). Недостатком их можно считать относительно низкие показатели сопротивляемости квазихрупкому разрушению, о чем свидетельствуют низкие значения вязкости разрушения  $K_{ICP}$ .

Использование ниобия в качестве легирующего элемента (покрытие TiNbN) не приводит к существенному улучшению значений механических характеристик покрытий. В то же время введение в состав покрытия NbN одного или двух легирующих элементов приводит к значительному улучшению этих показателей. Так введение в состав покрытия титана, алюминия и циркония приводит к повышению микротвердости и значительному повышению вязкости разрушения. Введение легирующих элементов в состав покрытий неоднозначно меняет величину модуля упругости. При введении в состав титана происходит уменьшение, а циркония – увеличение значений  $E$ . При этом адгезионная прочность покрытий имеет характеристики, близкие к значениям для покрытия NbN, за исключением покрытий составов NbTiN и TiNbN. Наиболее высокие показатели механических свойств наблюдаются при введении в состав двух легирующих элементов.

Таким образом, можно сделать вывод о целесообразности использования покрытий на основе нитрида ниобия для упрочнения рабочих поверхностей деталей машин и режущего инструмента.

### Литература

1. *Tabakov V.P., Chikhranov A.V.* Selecting the Composition of Wear-Resistant Coatings // Russian Engineering Research 2018, V. 38, Issue 2, pp 105–109 <https://doi.org/10.3103/S1068798X18020193>
2. *Табаков В.П., Чихранов А.В.* Повышение работоспособности твердосплавного инструмента путем направленного выбора параметров состава износостойкого покрытия // Станки и инструменты, 2016. – №3. – С.14-18.
3. *Табаков В.П., Сизов С.В., Чихранов А.В.* Новые износостойкие покрытия режущего инструмента на основе нитрида ниобия // Вестник РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2017. – №2 (41). – С. 235-240
4. *Табаков В.П., Чихранов А.В.* Определение механических характеристик износостойких ионно-плазменных покрытий на основе нитрида титана // Известия Самарского научного центра РАН, 2010. Том. 12. № 4. – С. 292–297.
5. *Штанский Д.В., Кулинич С.А., Левашов Е.А., Moore J.J.* Особенности структуры и физико-механических свойств наноструктурных тонких пленок // Физика твердого тела, 2003. Том 45, вып. 6. – С.1122-1129.