

## УДК 621.9.025

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЛЕГИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА СТРУКТУРНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ НИТРИДА ТИТАНА**

Сергей Ренатович Имангулов

*Студент 3 курса, бакалавриат**кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»**Ульяновский государственный технический университет**Научный руководитель: А.В. Чихранов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты»*

Одним из путей повышения работоспособности режущего инструмента является нанесение износостойких покрытий, полученных методом конденсации вещества в вакууме с ионной бомбардировкой (КИБ). Наибольшую эффективность при этом имеют покрытия сложного состава на основе нитрида титана, легированного алюминием, молибденом, хромом, железом и др. Данные работ [1, 2] и проведенные исследования [3] показывают, что легирование покрытия нитридом титана приводит к изменению структурных параметров (периода кристаллической решетки  $a$ ; полуширины рентгеновской линии  $\beta_{111}$ ) и механических свойств (остаточных напряжений  $\sigma_0$ ; микротвердости  $H_\mu$ ; коэффициента отслоения  $K_0$ ) материала покрытия и, как следствие, к повышению работоспособности режущего инструмента (снижению интенсивности износа  $J$ ) (табл. 1).

Таблица 1. Структурные, механические свойства и интенсивность износа режущего инструмента с износостойкими покрытиями

Покрытие	$a$ , нм	$\beta_{111}$ , град	$\sigma_0$ , МПа	$H_\mu$ , ГПа	$K_0$	$J \cdot 10^{-4}$ мм/м
TiN	0,4235/0,4254	0,49/0,44	-775/-1501	29,16/28,86	1,07/0,37	0,377/1,988
TiAlN	0,4230/0,4233	0,57/0,53	-902/-2443	38,39/37,63	0,91/0,30	0,249/1,027
TiMoN	0,4251/0,4261	0,53/0,52	-1073/-2682	34,90/34,28	1,93/0,84	0,254/1,363
TiCrN	0,4224/0,4238	0,60/0,53	-1490/-2776	34,50/33,98	1,46/0,50	0,261/1,340
TiFeN	0,4234/0,4246	0,51/0,50	-697/-1270	33,18/32,80	0,82/0,31	0,276/1,426
TiAlMoN	0,4226/0,4230	0,64/0,63	-1197/-3100	43,96/43,57	1,44/0,54	0,206/0,861
TiAlCrN	0,4214/0,4214	0,68/0,64	-1628/-3394	46,48/46,02	1,22/0,40	0,188/0,742
TiAlFeN	0,4214/0,4222	0,66/0,62	-804/-1933	43,73/43,45	0,74/0,23	0,201/0,782

Примечание: в числителе приведены значения, полученные для твердого сплава МК8, в знаменателе – для быстрорежущей стали Р6М5К5

Как следует из табл. 1, действие легирующих элементов на механические свойства покрытия различно. Во всех случаях покрытия сложного состава имеют большую микротвердость, что связано с твердорастворным упрочнением материала покрытия. Легирование молибденом и хромом ведет к увеличению уровня сжимающих остаточных напряжений, но при этом снижается прочность сцепления покрытия с инструментальной основой, что проявляется в увеличении коэффициента отслоения. Легирование железом увеличивает прочность сцепления с инструментальной основой и снижает величину остаточных сжимающих напряжений. Легирование алюминием повышает прочность сцепления с инструментальной основой и уровень сжимающих напряжений. Наличие одновременно двух легирующих компонентов приводит к большему изменению периода кристаллической решетки, повышению значения  $\beta_{111}$ ,

что свидетельствует об увеличении степени микродеформации кристаллической решетки и, как следствие, повышению микротвердости. Микротвердость сложнолегированных покрытий в зависимости от химического состава увеличилась на 14-21 % по сравнению с покрытием TiAlN.

Наличие в покрытии молибдена и хрома ведет к увеличению остаточных сжимающих напряжений в 1,18-1,8 раза в зависимости от химического состава и инструментальной основы по сравнению с базовым покрытием TiAlN и в 1,09 - 1,22 раза по сравнению с покрытиями TiMoN и TiCrN соответственно. При этом снижается прочность сцепления с инструментальной основой, о чем свидетельствует повышение коэффициента отслоения на 20-80 %. Использование в покрытии в качестве легирующего элемента железа снижает уровень остаточных сжимающих напряжений на 12 % и повышает прочность сцепления в 1,23 раза по сравнению с покрытием TiAlN.

Исследование работоспособности режущего инструмента с покрытиями показало, что использование покрытий с одним легирующим элементом приводит к снижению интенсивности износа в 1,4...1,9 раза по сравнению с применением покрытия TiN, в то время как для покрытий сложного состава эта величина снижается в 1,8...2,7 раза в зависимости от состава покрытия.

### Литература

1. *Чихранов А.В.* Повышение работоспособности режущего инструмента путем разработки и применения многоэлементных износостойких покрытий на основе модифицированного нитрида титана. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 314 с.
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., Чихранов А.В., Гатауллов И.Н.* Разработка технологии нанесения многоэлементных износостойких покрытий на основе нитрида титана // Научные технологии в машиностроении и авиационном двигателестроении: Материалы IV Международной научно-технической конференции. В 2-х частях. – Рыбинск: РГАТУ имени П.А. Соловьева, 2012. – Ч.1. – С142-147.