

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ

А. А. АХШАРУМОВ, И. Т. ЗОЛОТУХИН

МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК НИТРИДА
ТИТАНА, НАПЫЛЕННЫХ НА БЫСТРОРЕЖУЩИЕ
ПЛАСТИНЫ Р6М5

Резервом увеличения стойкости металлорежущего инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 является метод нанесения на его рабочую поверхность покрытий нитрида титана. Это позволяет увеличить стойкость инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 в 2 и более раза.

К методам нанесения покрытий относятся методы КИБ и РЭИ.

Вопрос взаимосвязи износостойкости и структуры напыленных пленок, обусловленной режимами нанесения покрытия, ранее не изучался. Однако, увеличение износостойкости быстрорежущего инструмента с покрытием нитрида титана непосредственно связано с таким параметром, как микротвердость, косвенно характеризующим прочность, которая, в свою очередь определяется структурой напыленных пленок.

Целью данной работы являлось установление взаимосвязи структурных свойств пленок нитрида титана, осажденных на пластинки из быстрорежущей стали Р6М5 методами КИБ и РЭИ со стойкостью этих пластинок.

Чистота поверхности, на которую наносилось покрытие — $\nabla 10$ ($R_z = 3,2$ мкм).

Металлографическое исследование проводилось на микроскопе МИМ-7 и раствором электронном микроскопе «Stereoskan S 4-10». Значение микротвердости определялось на микротвердомере ПМ1-3 при нагрузке $P = 100$ г.

Установлено, что фактором, определяющим величину микротвердости, является парциальное давление азота в рабочей камере. Как видно из графика (рис. 1), пленки TiN , напыленные методом КИБ, имели максимальное значение микротвердости $H = 2216$ кас/мм² при давлении азота в рабочей камере $P_N = 2-3 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст.

При рассмотрении в светлом поле зрения микроскопа МИМ-7 эта пленка имела сильно развитую поверхность светло-желтого цвета. Видны кристаллиты, имеющие форму сферондов различных размеров, наиболее крупные из которых достигали величины порядка 7 мкм. Сферонды соединяются в длинные прямолинейные цепи.

При травлении поверхности образцов в травителе $HCl:HF:$
 $:HNO_3 = 1:1:1$ происходит послойное стравливание пленки TiN с

сохранением длинных прямолинейных цепей до самой подложки (рис. 4). Направление линий скольжения на поверхности деформированного в результате шлифования быстрорежущего образца совпадает с направлением прямолинейных цепей сферондов, что говорит об эффекте декорирования поверхности кристаллитами нитрида титана.

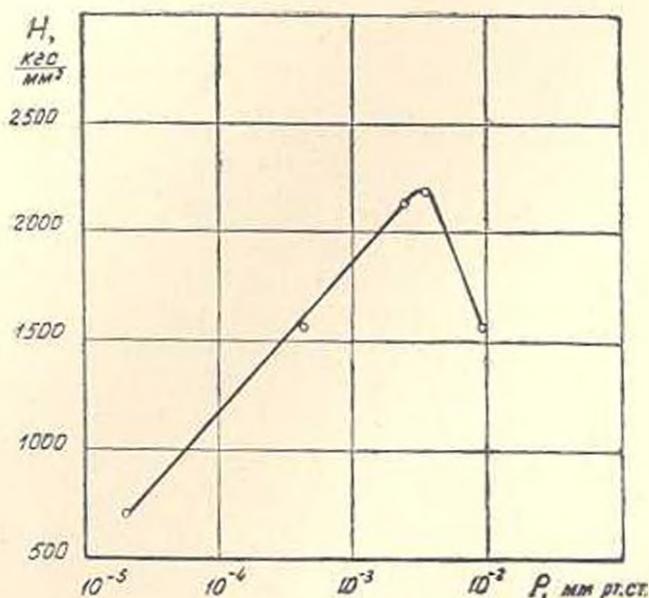


Рис. 1. Зависимость микротвердости пленки TiN, осажденной на быстрорежущую сталь Р6М5, от парциального давления азота и рабочей камере установки «БУЛАТ-4».

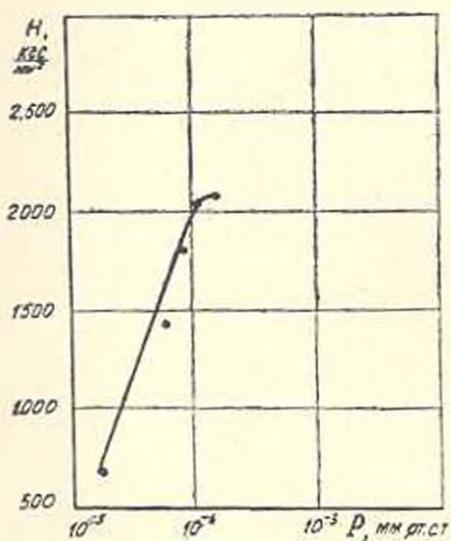


Рис. 2. Зависимость микротвердости пленки TiN, осажденной на быстрорежущую сталь Р6М5, от парциального давления азота в рабочей камере установки «ЭПН-3».

При рассмотрении поверхности пленки TiN в темном поле зрения видно, что кристаллиты не прозрачны и имеют четкую окантовку по краям (рис. 3).

В процессе роста пленки TiN зерна, разрастаясь, образуют сферонды.

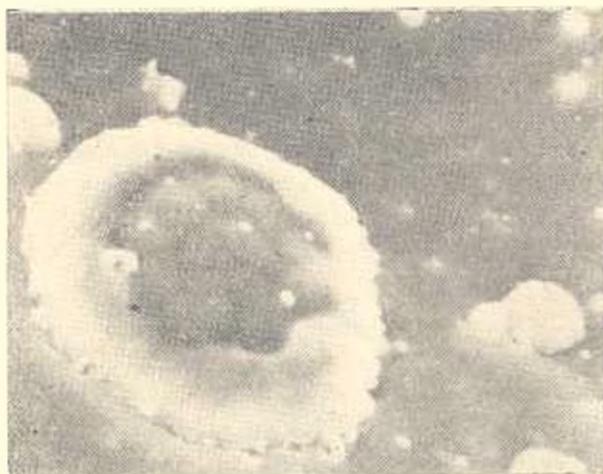


Рис. 3. Микроструктура пленки TiN, осажженной на быстрорежущую сталь Р6М5 методом КИБ ($\times 5520$).



Рис. 4. Микроструктура пленки TiN, осажженной на быстрорежущую сталь Р6М5 методом РЗИ ($\times 9200$).

Исследование морфологии поверхности TiN на растровом электронном микроскопе показало, что сферонды представляют из себя поликристаллические агрегаты, образованные несколькими зернами со средним размером около 1 мкм. Число зерен в поликристаллическом агрегате достигает 15—20 штук. Размер поликристаллического агрегата колеблется от 7 до 20 мкм.

Уменьшение парциального давления азота приводило к уменьшению значения микротвердости пленки до $H = 1580 \text{ кгс/мм}^2$. При рассмотрении этой пленки в светлом поле зрения инструментального микроскопа она имела более светлый цвет и менее развитую поверхность. Эффект декорирования поверхности подложки растущей пленки сохранялся.

Пленка, полученная при более высоком парциальном давлении азота, имела низкое значение микротвердости $H = 1500 \text{ кгс/мм}^2$. Микроскопическое исследование пленки TiN показало, что на ее поверхности имеются хлопьевидные, легко удаляющиеся включения темно-желтого цвета.

На рис. 2 приведена зависимость значения микротвердости пленки, полученной методом РЭП, от парциального давления азота. Как видно из графика, максимальное значение микротвердости $H = 2060 \text{ кгс/мм}^2$ имело покрытие, полученное при $P_N = 1,7 \cdot 10^{-1} \text{ мм рт. ст.}$ При рассмотрении этой пленки TiN в светлом поле зрения микроскопа МИМ-7 она имела гладкую светлую поверхность, на которой видны отдельные кристаллы неопределенной формы с максимальным размером $\sim 2 \text{ мкм}$ (рис. 4).

Обнаружено также наличие отдельных кристаллитов, имеющих форму гексагоналов размером около 10 мкм и прорастающих с подложки. Анализ поверхности образца с покрытием, нанесенным методом РЭП при $P_N = 1,7 \cdot 10^{-1} \text{ мм рт. ст.}$, проведенный с помощью растрового электронного микроскопа, показывает, что прямоугольные цепи состоят из поликристаллических агрегатов со средним размером $0,8 \text{ мкм}$. В свою очередь, поликристаллические агрегаты состоят из более мелких зерен со средним размером около $0,2 \text{ мкм}$. Число их в поликристаллическом агрегате различно: от нескольких до нескольких десятков штук (рис. 4).

Уменьшение парциального давления азота приводит к уменьшению величины микротвердости покрытия, полученного методом РЭП до $H = 1420 \text{ кгс/мм}^2$.

Микроскопическое исследование поверхности этого образца показывает, что поверхность пленки становится более блестящей и по своей структуре приближается к структуре чистого титана.

Увеличение парциального давления азота приводит к «срыву» электронной плазмы, вследствие чего образование покрытия TiN не происходит.

Таким образом, из графиков 1 и 2 видно, что при $P_N = 2 \cdot 10^{-2} \text{ мм рт. ст.}$ (подача азота в рабочую камеру не производилась) величина микротвердости пленки TiN имела минимальное значение $H = 650 - 700 \text{ кгс/мм}^2$, приближающееся к микротвердости монолитного титана. С увеличением давления азота наблюдалось увеличение микротвердости получаемых покрытий, что объясняется образованием на поверхности образцов нитрида титана. Правая ветвь графика объясняется избыточной концентрацией азота в рабочей камере, что приводит к образова-

нию пористой структуры пленки с низкой микротвердостью ($H = 1500 \text{ кгс/мм}^2$).

Стойкостным испытаниям были подвергнуты образцы с покрытием, полученные методом КИБ при $P_N = 3 \cdot 10^{-3} \text{ мм рт. ст.}$ с $H = 2060 \text{ кгс/мм}^2$. Испытания проводились при встречном фрезеровании стали 45 с $V = 51,8 \text{ м/мин}$, $S = 0,25 \text{ мм/об}$, $l = 2 \text{ мм}$ и $B = 45 \text{ мм}$. В результате испытаний было установлено, что стойкость пластины с покрытием методом РЭП по сравнению с непокрытыми практически не менялась, а стойкость пластины с покрытием методом КИБ по сравнению с непокрытыми была в 1,4 раза выше.

В ы в о д ы

1. При напылении пленок TiN имеет место декорирование несовершенств подложки кристаллитами нитрида титана.
2. Микротвердость пленок, осажденных на подложку из быстрорежущей стали Р6М5 методами КИБ и РЭП, зависит от их структуры. Одним из параметров, характеризующих структуру пленки, является парциальное давление азота в рабочей камере установки.
3. Пленки, напыленные методами КИБ и РЭП, имеют поликристаллическую мозаичную структуру. Пленки, полученные методом РЭП, имеют более мелкозернистую структуру по сравнению с пленками, напыленными методом КИБ, однако, их максимальная микротвердость по сравнению с максимальной микротвердостью пленок, полученных методом КИБ, ниже.

Поступило 28.11.1979.

Ա. Ա. ԱՆՇԱՐԻՄՅԱԿ, Է. Տ. ԶՈՒՍՏՅԱՆՆԵ

ՐՃՄ5 ԱՐԱԳԱՀԱՏ ՊՈՂՊԱՏԻ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒՅՔԻՆ ԵՍՏՅՑՎԱՆ
ՏԻՏԱՆԵ ՆԻՏՐԻԴԻ ԹԱՂԱՆՔԻ ՄԵՏԱՂԱԳՐԱԿԱՆ
ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. մ. փ. ո. փ. ո. լ. մ.

Հողաձուժ բերված է արաղաճատ ՐՃՄ5 պողպատից պատրաստված թի-
թղի վրա տարբեր եղանակներով նստեցված TiN տիտանի նիտրիդի թաղան-
թի մետաղադրական ուսումնասիրությունը:

Հաստատված է տիտանի նիտրիդի թաղանթի կառուցվածքային հատկու-
թյունների և մաշակայունության միջև առկա կապը: