



УДК 669.187.2

## ДИФФУЗИОННОЕ ТИТАНИРОВАНИЕ БЕЗВОЛЬФРАМОВЫХ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ТН20 и КХН15

**В. Г. Хижняк, Ю. М. Помарин, П. А. Терещенко**

Исследовано влияние технологических параметров диффузионной металлизации титаном в закрытом реакционном пространстве в хлоре на фазовый состав, строение и некоторые свойства покрытий на безвольфрамовых твердых сплавах ТН20 и КХН15. Показано участие никеля как основы в формировании диффузионной зоны слоев интерметаллидов  $TiNi_3$  и  $TiNi$ . Установлено, что микротвердость слоев  $TiC$  на исследованных сплавах составляет 19,0... 24,0 ГПа;  $Ni_3Ti$  — 6,0... 12,5 ГПа, зависимость толщины карбидных и интерметаллидных слоев от температуры и времени насыщения имеет сложный характер.

Effect of technological parameters of diffusion metallizing by titanium in a closed reaction spacing in chlorine on phase composition, structure and some properties of coatings on tungsten-free hard alloys TN20 and KKhN15 was studied. Nickel participation is shown as a basis in the formation of diffusion zone of layers of intermetallics  $TiNi_3$  and  $TiNi$ . It was established that microhardness of  $TiC$  layers on investigated alloys is 19.0... 24.0;  $Ni_3Ti$  is 6.0... 12.5 GPa, dependence of thickness of carbide and intermetallic layers on temperature and time of saturation has a complex nature.

**Ключевые слова:** титанирование; твердые сплавы; карбиды; интерметаллиды; стойкость

В связи с дефицитом вольфрама, кобальта и некоторых других элементов, традиционно используемых для изготовления инструментальных и конструкционных материалов, разработаны новые безвольфрамовые сплавы ТН20 и КХН15 [1, 2]. Сплавы ТН20 вытесняют традиционные вольфрамтитанокобальтовые типа ТК на операциях чистовой и получистовой механической обработки [2]. Сплавы КХН15 используются в качестве конструкционных.

Инструменты и детали машин эксплуатируют в условиях сложного воздействия высоких контактных нагрузок и температур. При этом поверхность изделий интенсивно изнашивается. Таким образом, повышение роботоспособности инструментов и деталей машин за счет увеличения их стойкости является главным фактором роста эффективности производства, достигаемого при использовании твердых защитных покрытий с участием карбидов, нитридов, боридов переходных металлов [2–4], технологии получения которых постоянно совершенствуются.

Способы получения защитных покрытий можно разделить на две группы — физические и химические. К последним относятся и способы химикотермической обработки (ХТО), отличающиеся простотой

технологического оборудования и высоким качеством покрытий [5, 6].

Характерной особенностью покрытий, полученных способами ХТО, является наличие развитой переходной зоны между покрытием и основой, что предопределяет достаточно сильную адгезию между ними.

Следует отметить, что исследование процесса по нанесению покрытий на безвольфрамовые твердые сплавы является неполными [7–9], а недостаточное количество экспериментальных данных о способе диффузионной металлизации безвольфрамовых твердых сплавов не дает возможности корректно подойти к оптимизации его технологических параметров.

Таким образом, работа по исследованию структуры и свойств покрытий при участии титана на сплавах ТН20 и КХН15 является актуальной. Состав сплавов приведен в табл. 1.

**Таблица 1. Состав и некоторые свойства твердых сплавов ТН20 и КХН15**

Марка сплава	Массовая доля основных компонентов в смеси порошков, %				Временное сопротивление на изгиб $\sigma_n$ , МПа	Плотность $\rho \cdot 10^3$ кг/м <sup>3</sup>	Твердость, HRA
	TiC	Cr <sub>3</sub> C <sub>2</sub>	Ni	Mo			
ТН20	79,0	–	15,0	6,0	>1050	5,5... 6,0	>90
КХН15	–	85,0	15,0	–	>1050	5,5... 6,0	>90

Примечание. Состав сплавов определен без учета примесей.

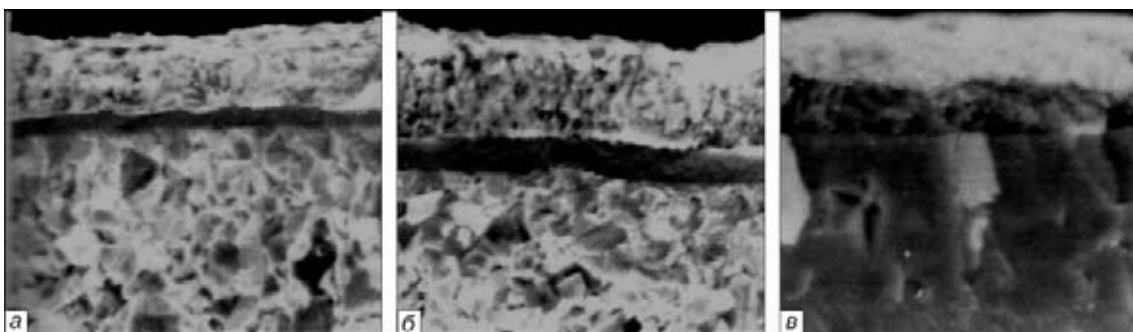


Рис. 1. Фрактограммы излома титанированных сплавов ТН20 (а, б) и КХН15 (в) при  $T, K$ : а — 1223, 2 ч; б — 1273, 4 ч; в — 1373, 2 ч

Титанирование сплавов ТН20 и КХН15 выполняли в закрытом реакционном пространстве при пониженном давлении [5]. В качестве исходных компонентов использовали порошок титана, четырехлористый углерод и древесный уголь. Покрyтия наносили в интервале температур 1173... 1373 К и длительности выдержки 2... 6 ч.

Образцы сплавов с покрытиями исследовали методами физического материаловедения. В результате послойного рентгеноструктурного анализа установлено, что при титанировании безвольфрамового твердого сплава ТН20 в зависимости от температурно-часовых условий насыщения образуются многослойные покрытия, состоящие из следующих фаз: карбида титана  $TiC$ , интерметаллидов никеля  $TiNi_3$ ,  $TiNi$  (табл. 2).

Непосредственно к основе примыкает слой карбида  $TiC$ . Период кристаллической решетки  $TiC$  составляет 0,4284... 0,4288 нм, что меньше периода кристаллической решетки основы  $TiC$  — 0,4289... 0,4291 нм. Последнее может быть связано как с дефицитом углерода в области гомогенности карбида  $TiC$  покрытия, так и с растворением в  $TiC$  основы элементов связки, в первую очередь молибдена [10, 11]. Следующими за слоем  $TiC$  расположены интерметаллиды  $TiNi_3$  и  $TiNi$ . Формирование зоны интерметаллидов на внешней стороне покрытий  $TiC$  обнаружено при титанировании сталей [5, 6].

На сплаве КХН15, кроме многослойной зоны с участием титана и никеля ( $TiC$ ,  $TiNi$ ), формируется зона карбида  $Cr_7C_3$ . При образовании карбида  $TiC$  недостаточное количество свободного углерода компенсируется углеродом, образующимся при диссоциации карбида основы по реакции  $Cr_3C_2 \rightarrow Cr_7C_3 + C$ .

Анализ распределения химических элементов по толщине диффузионной зоны показал, что металл основы никель активно взаимодействует с титаном, образуя соответствующие фазы. В то же время титан проникает в основу твердых сплавов ТН20 и КХН15 и обеспечивает высокую адгезию покрытия к основе.

На рис. 1 приведены типичные микроструктуры сплавов ТН20 и КХН15 после диффузионного титанирования. Собственно покрытие состоит из отдельных слоев карбидов и интерметаллидов светлого оттенка с четкой границей раздела с основой. На определенном расстоянии от покрытия в основе на нетравленных шлифах проявляется зона темно-серого цвета — зона повышенной микропористости, образовавшаяся в процессе насыщения за счет диффузии никеля из основы в покрытие.

Анализ фрактограмм излома показал, что для исследованных покрытий характерны хрупкие транс-и межкристаллические изломы. Отдельные слои интерметаллидов не имеют выраженной границы  $TiNi-TiNi_3$ .

Особенностью кинетики роста покрытий на сплавах ТН20 и КХН15 является уменьшение толщины  $TiC$  при температурах 1223... 1273 К и длительности  $t$  обработки слоев 4... 6 ч (рис. 2).

Следует отметить, что образование при насыщении в покрытиях зоны карбидов и последующее их растворение в интерметаллидах зафиксировано и при металлизации сталей [5, 6, 12].

Некоторые данные исследований микротвердости диффузионных покрытий на сплавах ТН20 и КХН15 приведены в табл. 2. Максимальным уровнем микротвердости отличаются слои на основе карбида титана  $TiC$ , составляющей для выбранных температурно-часовых условий ХТО 24,0... 28,5 ГПа.

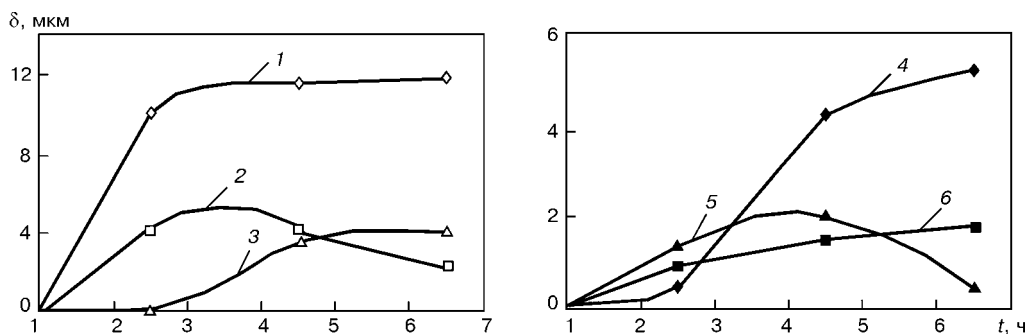


Рис. 2. Кинетика роста покрытий титана на сплавах ТН20 при  $T = 1223 K$  (а) и КХН15 при  $T = 1273 K$  (б); 1 —  $TiNi_3$ ; 2 —  $TiC$ ; 3 —  $TiNi$ ; 4 —  $TiNi$ ; 5 —  $Cr_7C_3$ ; 6 —  $TiC$



**Таблица 2. Фазовый состав, характеристики и свойства покрытий с участием титана на сплавах ТН20 и КХН15**

Марка сплава	Температура, К	Продолжительность титанирования, ч	Фазовый состав покрытия	Толщина, мкм	Микротвердость, ГПа
ТН20	1223	4	TiC	4,0	17,5
			TiNi <sub>3</sub>	19,0	6,0
			TiNi	3,0	7,0
КХН15	1223	4	Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	4,0	14,5
			TiC	3,0	22,0
			TiNi	8,0	4,5
ТН20	1273	4	TiC	4,5	22,5
			TiNi <sub>3</sub>	18,5	7,5
			TiNi	7,0	8,0
ТН20	1273	6	TiNi <sub>3</sub>	19,5	7,5
			TiNi	9,5	7,0

Микротвердость слоев интерметаллидов TiNi, TiNi<sub>3</sub> оказалась выше таковой литых материалов, что связано, скорее всего, с их составом, структурой [13] и обусловлено растворением карбидов в слоях интерметаллидов. Определенным образом это подтверждается увеличением твердости слоев TiNi<sub>3</sub>, TiNi при повышении температуры ХТО (табл. 2).

Авторами проведены производственные испытания стойкости твердых сплавов с покрытиями. Увеличение стойкости титанированного сплава ТН20, по сравнению с исходным и сплавом R15K6, при обработке стали 30ХГСА составляет соответственно 4,8 и 4,0 раза.

### Выводы

1. Показано, что при диффузионном титанировании в интервале температур 1173... 1373 К и длительности 2... 6 ч безвольфрамовых твердых сплавов ТН20 и КХН15 образуются покрытия на основе карбида титана TiC и интерметаллидов TiNi<sub>3</sub>, TiNi.

2. Определено, что микротвердость зависит от фазового состава покрытия и условий насыщения:

для карбида TiC — 24,0... 28,5 ГПа, для интерметаллидов TiNi и TiNi<sub>3</sub> — 6,0... 12,5 ГПа.

3. Установлено, что титанирование повышает стойкость режущих пластин ТН20 при обработке резанием стали 30ХГСА, по сравнению с исходными и пластинами из сплава Т15К6, соответственно в 4,8 и 4,0 раза.

1. Андриевский Р. А., Сивак И. И. Прочность тугоплавких соединений и материалов на их основе. — Челябинск: Металлург, 1989. — 368 с.
2. Верещака А. С., Третьяков И. П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. — М.: Машиностроение, 1986. — 192 с.
3. Wick C. Coatings improve life, increase productivity // Manufact. eng. — 1986. — № 97. — Р. 26–31.
4. Похмурский В. И., Дашков В. Б., Голубец В. М. Повышение долговечности деталей машин с помощью диффузионных покрытий. — Киев: Наук. думка, 1980. — 188 с.
5. Лоскутов В. Ф., Хижняк В. Г., Куницкий Ю. А. Диффузионные карбидные покрытия. — Киев: Техника, 1991. — 168 с.
6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. — М.: Металлургия, 1981. — 424 с.
7. Ленская Т. Г., Торопченко В. С., Ашикеев А. И. Безвольфрамовые твердые сплавы с износостойкими покрытиями // Производство и применение твердых сплавов. — М.: Металлургия, 1982. — С. 107–109.
8. Коняшин И. Ю., Костиков В. И., Нарамовский И. В. Структура и свойства безвольфрамовых твердых сплавов после газового азотирования // Защитные покрытия. — Киев: Наук. думка, 1988. — Вып. 22. — С. 69–73.
9. Хижняк В. Г., Долгих В. Ю., Карпец М. В. Структура и свойства покрытий на безвольфрамовых твердых сплавах // Порошк. металлургия. — 2003. — № 9/10. — С. 118–123.
10. Гольдшмидт Х. Дж. Сплавы внедрения. — М.: Мир, 1971. — 424 с.
11. Шаповал Т. А., Витрянюк В. К., Дроздиев Г. Т. Структура и свойства TiC–Ni–Mo твердых сплавов // Проблемы производства и применения твердых сплавов. — М., 1981. — С. 26.
12. Хижняк В. Г., Король В. И. Особливості будови та характеристика міцності карбідних покриттів на сталях // Наукові вісті НТУУ «КПІ» — 2003. — № 1. — С. 62–68.
13. Штремель М. А. Прочность сплавов. — М.: МИСиС, 1997. — 527 с.

Нац. техн. ун-т Украины «КПИ», Киев

Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев

Поступила 06.05.2006