

МИКРОТВЕРДОСТЬ TI-AL-SI-N ПОКРЫТИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДАВЛЕНИЯ РЕАКЦИОННОГО ГАЗА В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ

А. Т. Волочко, Г. В. Марков, П. Н. Мисуно

Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

В настоящей работе для нанесения покрытий использовался метод катодно-дугового осаждения в вакууме. Преимуществами данного метода является безынерционность процесса, возможность получения покрытий из тугоплавких металлов и сплавов (в т.ч. и многокомпонентных), сохранение состава исходного материала при нанесении и возможность получения равномерных по толщине покрытий.

Исследовалась микротвердость покрытий Ti-Al-Si-N на микротвердомере ПМТ-3 с использованием алмазного индентора Кнупа при нагрузке 0,2 Н на индентор.

Результаты исследования покрытий Ti-Al-Si-N. Результаты измерения микротвердости композиционных покрытий, полученных при различных давлениях азота в вакуумной камере, представлены на рис. 1.

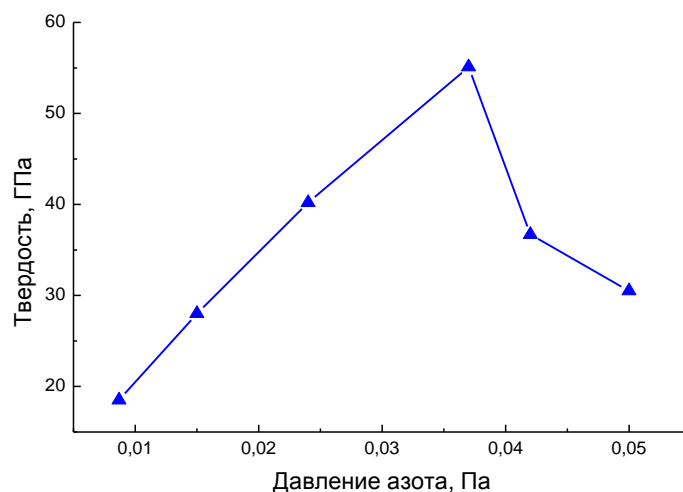


Рис. 1. Зависимость твердости покрытий от давления азота

Видно, что наблюдается сильная немонотонная зависимость микротвердости от давления азота в вакуумной камере. При низком начальном давлении азота 0,009 Па твердость покрытий составляет 18,5 ГПа. Ее значение близко к твердости покрытий Ti-Al, осажденных в вакууме, с приблизительно равными мольными долями титана и алюминия и отожжен-

ных в вакууме при температуре 600 °С в течение 18 ч, которые получены в работе [1]. Следует заметить, что микротвердость покрытия значительно выше твердости литого материала, для которого она составляет 4 – 5 ГПа.

С ростом давления азота в вакуумной камере микротвердость покрытий почти линейно возрастает до максимального значения 55,1 ГПа при давлении 0,037 Па. Дальнейший рост приводит к уменьшению твердости покрытий.

Подобное поведение твердости наблюдалось в работах [2], когда микротвердость $Ti_{1-x}Al_xN$ покрытий плавно возрастала с 20 до 32 ГПа при увеличении x от 0 до 0,6, и в случае осаждения покрытия $Ti_{1-x}Al_xN$ ($0 \leq x \leq 0,41$) магнетронным напылением твердость росла с 23 до 33 ГПа [3]. Авторы [2, 3] предполагают следующие возможные механизмы увеличения микротвердости: упрочнение за счет изменения межуатомных связей вследствие внедрения атомов Al в решетку TiN, зернограничное упрочнение (механизм Холла – Петча), упрочнение вследствие образования твердого раствора (модель Флейшера). По заключению авторов [2, 3] при большой концентрации алюминия ($x > 0,33$) наиболее вероятным механизмом является зернограничное упрочнение, а при относительно малом содержании Al ($x \leq 0,33$) – упрочнение вследствие образования твердого раствора. Полученные в настоящей работе высокие по сравнению с [2, 3] значения твердости покрытий очевидно связаны с применением катодно-дугового метода напыления, обеспечивающего намного более эффективную ионизацию компонентов мишеней и формирование именно нитридных фаз интерметаллида, а не взаиморастворенных компонент покрытия.

При дальнейшем росте давления азота наблюдается снижение микротвердости, что может быть связано с потерей энергии ионов Ti и Al на множественные столкновения с молекулами азота. Это, в свою очередь, снижает вероятность образования нитридных соединений и приводит к «замуровыванию» избыточного азота в структуре интерметаллида.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить зависимость микротвердости композиционных покрытий от давления реакционного газа (азота) в вакуумной камере.

Литература

1. M.T. Vieiraa, A.S. Ramos, B. Trindadea, J.V. Fernandes, M.F. Vieirac. An approach using thin films as a predictive way to produce new bulk materials / Surface and Coatings Technology – 2000. – Vol. 131. – P. 162 – 166.
2. A. Horling, L. Hultman, M. Oden, J. Sjolen, L. Karlsson. Mechanical properties and machining performance of $Ti_{1-x}Al_xN$ -coated cutting tools / Surface and Coatings Technology – 2005. – Vol. 191. – P. 384 – 392.

3. Z.-J. Liu, P.W. Shum, Y.G. Shen. Hardening mechanisms of nanocrystalline Ti-Al-N solid solution films / Thin Solid Films. – 2004. – Vol. 468. – P. 161 – 166.

УДК 621.791

ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Д. В. Юшкевич, А. Д. Губко, Н. И. Цыганков
Физико-технический институт НАН Беларуси, Минск

Одним из направлений, существенно расширяющих технологические возможности процесса обработки материалов, является использование концентрированных потоков энергии (струи плазмы, лазерного, электронного, ионного лучей и др.). В настоящее время во всем мире ни одна отрасль промышленности, связанная с получением соединений и обработкой материалов, не обходится без электронно-лучевого нагрева. При сварке узлов из равнотолщинных, однородных, хорошо свариваемых сталей сложностей, ведущих к появлению дефектов, как правило, не возникает. Однако на производстве часто возникает потребность в получении сварных соединений из разнотолщинных, разнородных, ограниченно- или трудносвариваемых материалов. Это приводит к необходимости поиска перспективных современных способов сварки. Применение электронно-лучевой технологии для сварки разнородных сталей позволяет достаточно точно регулировать степень проплавления за счет изменения положения электронного луча относительно стыка. Кроме того, электронный луч оказывает локальное тепловое воздействие, что позволяет получать очень узкие швы при значительно менее интенсивном разогреве околошовной зоны, что приводит к снижению неблагоприятных сварочных напряжений и деформаций.

Целью работы являлся выбор оптимальных технологических параметров электронно-лучевой сварки (ЭЛС) деталей машиностроения, изготавливаемых из разнородных материалов.

ОАО «Борисовский завод агрегатов» выпускает широкую гамму турбокомпрессоров типа ТКР. Колесо турбины изготавливают из жаропрочных никелевых сплавов, преимущественно из INCO 713 С, и приваривают к валу ротора из стали 40Х сваркой трением. При этом возникает