

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФФУЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ТИТАНЕ ИЗ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА

С. Г. Иванов, М. А. Гурьев, Т. Г. Иванова, Е. А. Кошелева
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

Проведены экспериментальные исследования применения борировующих сред на основе карбида бора, содержащих дополнительно титан и кремний, для диффузионного упрочнения титановых сплавов. Исследована микроструктура и элементный состав диффузионных покрытий на титановом сплаве ОТ4-0.

Ключевые слова: бор, титан, упрочнение, диффузия, химико-термическая обработка

FORMATION OF THE DIFFUSIVE COVERING ON THE TITAN FROM MIX ON THE BASIS OF BORON CARBIDE

S. G. Ivanov, M. A. Guriev, T. G. Ivanova, E. A. Kosheleva
Altai state technical university, Barnaul, Russia

In the experiments on the use of boriding environments based on boron carbide further comprising titanium and silicon to the diffusion hardening of titanium alloys. Explored the microstructure and elemental composition of diffusion coatings on titanium alloy OT4-0.

Ключевые слова: boron, titanium, hardening, diffusion, chemical heat treatment

Титановые сплавы находят широкое применение в химическом машиностроении благодаря более низкому весу, высокой прочности и коррозионной стойкости в агрессивных средах по сравнению со сталями. Однако, в некоторых случаях помимо коррозионной стойкости необходимо наличие специальных свойств, например, высокой тепло- и электропроводности, которые у титана ниже, чем у сталей. Наиболее перспективным материалом, имеющим высокие показатели твердости, коррозионной и износостойкости, тепло- и электропроводности являются бориды титана. Так, электропроводность диборида титана (TiB_2) более чем в 5 раз превышает электропроводность чистого титана, а его теплопроводность при температуре более $600^\circ C$ – в 3 – 3,5 раза выше. Наиболее часто применяемые способы получения боридов титана в отечественной промышленности и науке – плазменный [1] и химико-термическая обработка (ХТО) в расплавах [2]. Каждый из этих способов имеет недостатки – при плазменном способе получение монолитного покрытия на титановых деталях невозможно, а при ХТО в расплавах имеются сложности с обработкой

деталей сложной формы и последующая их отмывка от остатков расплава. Наиболее перспективным способом нам представляется ХТО из порошковых сред [3] и насыщающих обмазок, однако это направление исследований для получения боридных покрытий на титановых сплавах мало изучено.

Целью работы являлось изучение возможности получения упрочняющих диффузионных покрытий на титановых сплавах из насыщающих обмазок и порошковых сред, анализ микроструктуры и состава диффузионных боридных покрытий на титане марки ОТ4-0.

ХТО образцов размерами 10 x 20 x 5 мм проводили в камерной печи типа СНОЛ, оснащенной ПИД-контроллером «Термодат-16Е3». В качестве насыщающей среды использовали смесь на основе карбида бора с добавлением соединений хрома и кремния [4, 5]. Микроструктуру упрочненных изделий исследовали на поперечных шлифах при помощи инвертированного микроскопа Carl Zeiss Axio Observer Z1m. Травление производили реактивом Льюиса (смесь водных растворов плавиковой и азотной кислот). Для

измерения толщины диффузионного покрытия использовали программный комплекс «Thixomet Pro®». Исследование элементного состава проводили при помощи рентген-флуоресцентного анализатора «Х-МЕТ 7500».

В результате диффузионного насыщения были получены покрытия, микроструктура которых представлена на рисунке. Элементный состав диффузионных покрытий на титане

приведен в таблице. Хорошо видно, что толщина диффузионного покрытия, полученного насыщением из обмазки примерно в 1,3 раза больше, чем покрытия, полученного в порошковой засыпке (рисунки 1 и 2). Но из-за компактности диффузионного слоя, полученного в порошковой засыпке, концентрация диффундирующих элементов в нем выше по сравнению со слоем, полученным из обмазки (таблица 1).

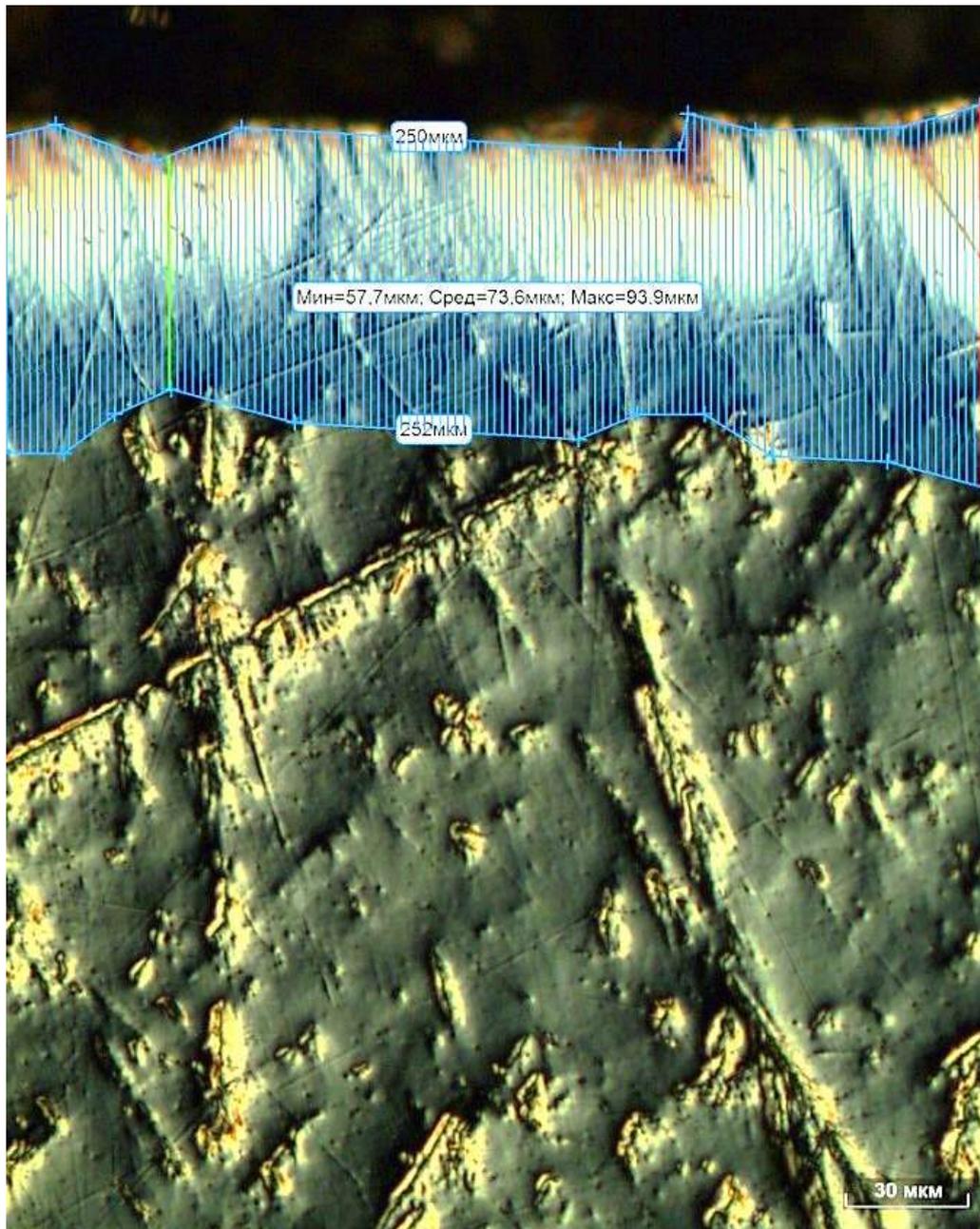


Рисунок 1 – Микроструктура диффузионного слоя на титане ОТ4-0, полученного насыщением из обмазки

ФОРМИРОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ
НА ТИТАНЕ ИЗ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КАРБИДА БОРА

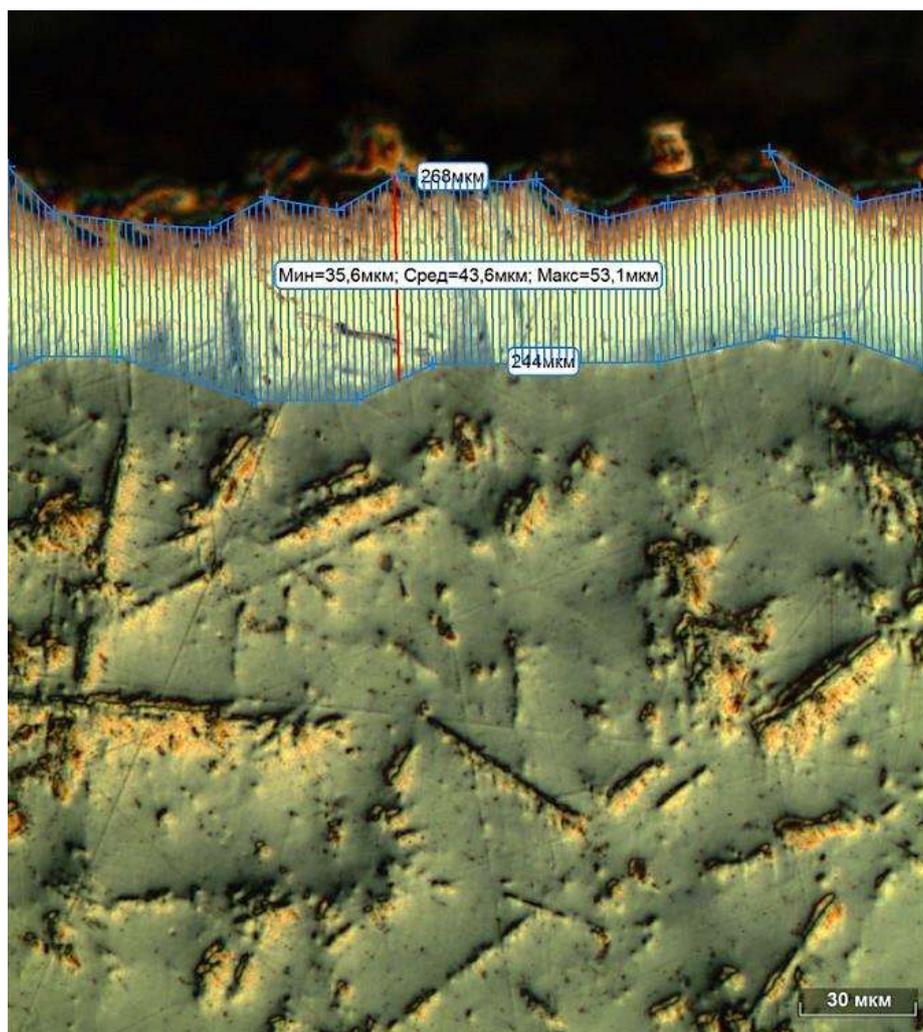


Рисунок 2 – Микроструктура диффузионного слоя на титане OT4-0, полученного насыщением из порошковой засыпки

Таблица 1 – Элементный состав диффузионных покрытий на титане марки OT4-0

| Ti | Fe | Cr | Al | Mn | Si |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Упрочнение из обмазки | | | | | |
| 90,728 | 6,675 | 1,871 | 0,437 | 0,079 | - |
| Упрочнение из порошковой засыпки | | | | | |
| 89,534 | 5,968 | 3,259 | 0,792 | 0,192 | - |
| Исходный титан | | | | | |
| 99,169 | 0,017 | 0,074 | 0,351 | 0,218 | 0,121 |

Анализ данных, приведенных в таблице показывает, что в зависимости от способа насыщения (обмазка, либо порошковая за-
Ползуновский альманах № 2 2015

сыпка), элементный состав титанового сплава меняется в достаточно значительных пределах: содержание железа и хрома после насыщения возросло в 25 – 45 раз, алюминия – в 1,3 – 2,1 раза, концентрация марганца снижается в 1,2 – 1,8 раз в зависимости от способа насыщения, в то время как кремний совсем исчезает.

На поверхности титанового сплава OT4-0 формируется фаза с микротвердостью 3400 HV, что соответствует микротвердости диборида титана TiB₂. При этом, в случае насыщения из порошковой засыпки формируется слой TiB₂ толщиной 10 мкм, а в случае насыщения из обмазки – толщина слоя диборида достигает 25 мкм, что в 2,5 раза больше.

Таким образом, в работе показана возможность получения упрочняющих боридных слоев на титановом сплаве из порошковых сред и насыщающих обмазок. Установлено, что в условиях насыщения титана из твердо-

фазных смесей процессы диффузии идут достаточно интенсивно и формируются покрытия толщиной до 80 мкм. Установлено, что в случае насыщения из обмазки толщина диффузионного слоя в 1,3 раза превышает толщину слоя, полученного насыщением из порошковой засыпки.

Список литературы

1. Жабрев, В.А. Расплав для борирования изделий из титана и его сплавов / В.А. Жабрев, С.И. Свиридов, Н.Д. Лапис, Н.А. Сулейманова, Н.П. Лопатина // патент на изобретение RUS 2031972, Оpubл. 27.03.1995 бюл. №17.

2. Тюрнина, З.Г. Формирование износостойких и коррозионностойких покрытий на титане // З.Г. Тюрнина, Н.Г. Тюрнина // Физика и химия стекла. - 2012. - Т. 38. - № S6. - С. 905-909.

3. Accelerated kinetics and mechanism of growth of boride layers on titanium under isothermal and cyclic diffusion. Biplab Sarma. A dissertation of Doctor of Philosophy University of Utah May 2011. - 167p.

4. Иванов, С.Г. Особенности приготовления насыщающих смесей для диффузионного борирования / С.Г. Иванов, А.М. Гурьев, М.Д. Старостенков, Т.Г. Иванова, А.А. Левченко // Известия высших учебных заведений. - Физика. - 2014. - Т. 57. - № 2. - С. 116-118.

5. Гурьев, А.М. Изменение фазового состава и механизм формирования структуры переходной зоны при термоциклическом карбоборировании феррито-перлитной стали / А.М. Гурьев, Э.В. Козлов, А.И. Крымских, Л.Н. Игнатенко, Н.А. Попова // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2000. - Т. 43. - № 11. - С. 60.

6. Лякишев, Н.П. Боросодержащие стали и сплавы / Н.П. Лякишев, Ю.Л. Плинер, С.И. Лаппо. - М.: «Металлургия», 1986. - С.106.

7. Гурьев, А.М. Физические основы термоциклического борирования / А.М. Гурьев, Э.В. Козлов, Л.Н. Игнатенко, Н.А. Попова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. - 216 с.

8. Крукович, М.Г. Пластичность борированных слоев / М.Г. Крукович, Б.А. Прусаков, И.Г. Сизов. - М.: Физматлит, 2010. - С.235.

9. Лыгденов, Б.Д. Особенности формирования структуры диффузионного слоя и разработка технологии упрочнения литых инструментальных сталей с учетом дендритной ликвации / Б.Д. Лыгденов, А.М. Гурьев, И.А. Гармаева, А.Ц. Мижитов, В.И. Мосоров // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. - 2006. - Т. 3. - № 3. - С. 84-86.

10. Гурьев, А.М. Интенсификация процессов химико-термической обработки металлов и сплавов / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, О.А. Власова // Фундаментальные исследования. - 2008. - № 8. - С. 10.

11. Гурьев, А.М. Новые методы диффузионного термоциклического упрочнения поверхности стальных изделий бором совместно с титаном и хромом / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, С.Г. Иванов

[и др.] // Успехи современного естествознания. - 2007. - № 10. - С. 84-85

12. Гурьев, А.М. Исследование процессов диффузии в стали при циклическом тепловом воздействии / А.М. Гурьев, Ю.П. Хараев, О.А. Гурьева [и др.]. // Современные проблемы науки и образования. - 2006. - № 3. - С. 65-66.

13. Гурьев, А.М. Распределение атомов бора и углерода в диффузионном слое после борирования стали 08КП / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, В.И. Мосоров [и др.] // Современные наукоемкие технологии. - 2006. - № 5. - С. 35-36.

14. Гурьев, А.М. Новые методы диффузионного термоциклического упрочнения поверхности стальных изделий бором совместно с титаном и хромом / А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, С.Г. Иванов, О.А. Власова, И.А. Гармаева, Е.А. Кошелева, М.А. Гурьев. // Успехи современного естествознания. - № 10. 2007. - С. 84-85.

15. Гурьев, А.М. Термоциклическое борирование как метод повышения прочности инструментальных сталей // А.М. Гурьев, О.А. Власова, Б.Д. Лыгденов, И.А. Гармаева, А.М. Кириенко, С.Г. Иванов, Е.А. Кошелева // Ползуновский альманах. - 2007. - № 1-2. - С. 85.

16. Гурьев, А.М. Физические основы химико-термоциклической обработки сталей / А. М. Гурьев, Б. Д. Лыгденов, Н. А. Попова, Э. В. Козлов. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - 250 с.

17. Гурьев, М.А. Анализ влияния природы легирующих элементов в высоколегированных сталях на процессы комплексного многокомпонентного диффузионного борирования / М.А. Гурьев, А.М. Гурьев, А.Г. Иванов, С.Г. Иванов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2010. - № 5. - С. 155-157.

18. Гурьев, М.А. Комплексное диффузионное упрочнение тяжелонагруженных деталей машин и инструмента / М.А. Гурьев, С.Г. Иванов, Е.А. Кошелева, А.Г. Иванов, А.Д. Грешилов, А.М. Гурьев, Б.Д. Лыгденов, Г.А. Околович // Ползуновский вестник. - 2010. - № 1. - С. 114-121.

19. Гурьев, А.М. Диффузионные покрытия сталей и сплавов / А.М. Гурьев, С.Г. Иванов, И.А. Гармаева // Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. - 221 с.

20. Guriev, A. M. Boriding of mild steel / A. M. Guriev, B. D. Lygdenov, M. A. Guriev, M. Shunqi, O. A. Vlasova - Raleigh, North Carolina, USA: Lulu Press, 2015. - 141 p.

21. Лыгденов, Б.Д. Прогрессивные диффузионные покрытия / Б.Д. Лыгденов, А.М. Гурьев, В.И. Мосоров [и др.]. - Lulu Press, Inc. Raleigh, North Carolina, USA - 2015. - С. 131.

Иванов Сергей Геннадьевич – к. т. н., с. н. с.

Гурьев Михаил Алексеевич – к. т. н., докторант

Иванова Татьяна Геннадьевна – аспирант
Кошелева Елена Алексеевна – к. т. н., доцент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (АлтГТУ), г. Барнаул, Россия