

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Иванова Сергея Геннадьевича на тему
«Развитие теоретических и технологических основ химико-термической обработки сталей и сплавов с применением совмещенного диффузионного насыщения бором, хромом и титаном»,
представленной на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Актуальность темы диссертации.

Как известно, «золотой век» термодиффузионных покрытий на различных сплавах приходится на вторую половину 20-века. Однако, несмотря на почтенный возраст теории и технологии ХТО металлов и сплавов, актуальность анализируемых исследований по-прежнему высока. Потенциал указанного научно-технического направления далеко не исчерпан.

Из автореферата видно, что в докторской диссертации С.Г. Иванова развито перспективное научное направление в области металловедения и термической обработки металлов и сплавов – активирование термодиффузионного борирования дополнительным насыщением карбидообразующими элементами (Cr, Ti).

Научная новизна работы состоит в комплексном изучении влияния сильных карбидообразующих элементов (Cr, Ti) на процессы структурообразования и изменения свойств сплавов. Следует отметить, что тематика многокомпонентного термодиффузионного борирования не нова. Однако авторские результаты существенно отличаются от ранее полученных. Традиционно считалось, что анализируемое многокомпонентное насыщение как минимум не увеличивает толщину термодиффузионного слоя. А чаще всего – уменьшает. Автор обнаружил и частично объяснил факт увеличения толщины термодиффузионного боридного слоя при дополнительном легировании хромом и титаном, изучил особенности структурообразования и изменения свойств.

Практическая ценность состоит в создании эффективных технологических процессов многокомпонентного термодиффузионного насыщения сплавов на основе железа и титана и твердых сплавов.

Отдельно следует отметить наличие математической модели для оценочного расчета толщины и свойств термодиффузионных слоев. Цифрофизация ХТО является одним из трендов развития этого научного направления в 21 веке.

Следует отметить большое количество публикаций соискателя в журналах, входящих в Перечень ВАК России и РИНЦ, наличие 10-ти патентов РФ и 3-х монографий.

Замечания по автореферату:

1). На стр.14 приведены рассчитанные зависимости энергии Гиббса ΔG (рис.1) для 10-ти гетерогенных реакций, причем только две из них (помеченные значками Δ и \blacktriangle) термодинамически вероятны при $T > 900^\circ\text{C}$ (т.е. имеют $\Delta G < 0$). Но при таком количестве химических элементов, входящих в состав системы, может протекать множество независимых реакций, причем их число точно определить крайне сложно, в ряде случаев – невозможно. Еще в 1938 г. Я.Б.Зельдовичем было показано, что равновесие замкнутой многокомпонентной системы однозначно определяется минимумом энергии Гиббса всей системы (а вовсе не отдельных реакций). Для термодинамических расчетов подобных систем используют компьютерные программы, в том числе вполне доступные по цене российские разработки (1980-е гг. и позже), выполняющие поиск равновесного состава системы, отвечающего указанному условию, при заданном исходном составе и температуре. На основании результатов таких расчетов можно судить о механизме доставки атомов насыщающих элементов из порошковой смеси к поверхности стали. Поэтому приведенные на рис.1 графики не способствуют пониманию термодинамики и механизма процесса ХТО.

2). На стр.17-19 соискателем приведена диффузионная задача для трехкомпонентного насыщения железа (уравнения (5)). При этом на рис.3 показана многофазная область, где границы фаз при $X > 0$ соответствуют координатам X_1 и X_2 , и при этом в зонах II, III и IV содержатся разные фазы (см. верхнюю часть рис.3): II – высшие бориды, III – низшие бориды, IV – только твердый раствор на основе Fe. Но тогда на границах X_1 и X_2 должны быть скачки концентраций всех элементов, а не только бора (см. рис.3). По своему физическому смыслу ур.(5) на самом деле записаны для трехкомпонентной диффузии в одной и той же матрице твердого раствора (первое,

второе и третье слагаемое в правой части), содержащей дисперсные включения других фаз, поскольку последнее слагаемое в правой части имеет смысл источникового/стокового члена, описывающего именно взаимодействие матрицы с включениями (в физике это называется “задача типа внутреннего окисления”). При этом не учитывается наличие границ слоев X_1 и X_2 , на которых фазовый состав изменяется скачком и, следовательно, должны ставиться дополнительные граничные условия для каждого элемента (типа условия баланса массы на движущейся границе). Отметим также, что не все параметры задачи описаны в тексте.

3. Использование стали обыкновенного качества (Ст3) для исследования сложных, многофакторных процессов термодиффузионного насыщения выглядит в 21 веке анахронизмом. Чрезвычайно широкий допускаемый диапазон изменения химического состава (например, по углероду 0,14-0,22 % масс.) не позволяет получать стабильные, повторяемые результаты. Возможно, автору удалось использовать для всех исследований сталь одной плавки. В этом случае следует указать конкретный химический состав.

4. Традиции научной школы Ляховича Л.С., Ворошнина Л.Г. предполагают описание упрочненных поверхностных объемов металлических изделий после ХТО как термодиффузионных (диффузионных) слоев. Термин «покрытие», по нашему мнению, является не совсем корректным для описания поверхностной зоны, в которой произошло некоторое изменение химического состава и, соответственно, структуры, без дополнительного нанесения некоего сплава. Аргументация типа «устоявшаяся практика научной литературы» не убедительна, так как противоречит физической сущности явления.

5. Вызывает сомнение целесообразность включения в список публикаций соискателя ряда наименований:

а). Книга в издательстве «LAP LAMBERT», г.Саарбрюккен, Германия (№1 на стр.43). Это издательство не практикует рецензирования и даже редактирования рукописей. Публикации в данном издательстве не учитываются при расчете индивидуального рейтинга научных работников РАН и ведущих университетов России (цитируем по https://ru.wikipedia.org/wiki/VDM_Publishing и <http://www.library.spbu.ru/blog/?p=6231>). Более того, они не учитываются в качестве официально опубликованной монографии (<https://rg.ru/2016/11/03/reg-urfo/izdatelstvo-sdelalo-biznes-nauchenyh.html>).

б). Статьи №23 (стр.36), №27 (стр.37), №50 (стр.39), №59 (стр.40), а также патенты №6 и №9, судя по названиям, не имеют прямого отношения в тематике диссертации.

в). Необходимо уточнение авторского вклада соискателя в коллективную монографию №3 (стр.43) с большим числом соавторов (>20). Возможно, это не монография, а изданный под грифом монографии сборник трудов конференции, состоящий из отдельных глав. В таком случае обычно указывают конкретную главу, а не всю книгу.

Высказанные замечания не снижают значимости диссертационной работы, вносящей существенный вклад в технологию многокомпонентного термодиффузионного насыщения металлов и сплавов. Автор Иванов С.Г. достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Ведущий научный сотрудник НИЛ упрочнения

стальных изделий НИПИ

Белорусского Национального технического университета

д.ф.-м.н., доцент

e-mail: khina@tut.by, тел. +375 29 3029387 (моб.)

ORCID: orcid.org/0000-0002-5179-0941

01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника

Заведующий кафедрой “Материаловедение в машиностроении”

Белорусского Национального технического университета

д.т.н., профессор

05.02.01 - Материаловедение (по отраслям)

e-mail: v_m_konst@mail.ru, тел. +375 29 6388827 (моб.)

Адрес: пр-т. Независимости, 65, Минск, 220072, Беларусь

На обработку персональных данных согласны.

Хина Борис Борисович

23.01.2020

Константинов
Валерий Михайлович

23.01.2020