

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
МИТРОПОЛЬСКОЙ НАТАЛИИ ГЕОРГИЕВНЫ

«Влияние химического состава и структуры на обрабатываемость резанием титановых сплавов ВСТ2К и ВТ6»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Актуальность темы диссертационной работы

Благодаря привлекательной комбинации технологических и эксплуатационных характеристик, титановые сплавы находят широкое применение в самых различных отраслях промышленности. Сплавы на основе титана занимают также важное место среди металлических сплавов, используемых в качестве ортопедических и дентальных имплантатов из-за удачного сочетания низкого модуля упругости, высокой удельной прочности и хорошей биосовместимости. В то же время титановые сплавы, как и любой другой материал, не лишены определенных недостатков, среди которых наиболее существенными являются высокая стоимость и плохая обрабатываемость резанием. Одним из решений первой проблемы может быть вовлечение в производство вторичных отходов, что позволяет существенно удешевить производство сплавов на основе титана. Этот подход в настоящее время реализуется в ОАО «Корпорация ВСМПО-АВИСМА» при изготовлении сплава ВСТ2К. В то же время следует отметить, что использование отходов существенно снижает возможность контроля химического состава сплава, вследствие чего содержание, как легирующих элементов, так и примесей варьируется в этом сплаве в довольно широких пределах.

Изменяющийся химический состав такого сплава ухудшает его механическую обработку, тем самым затрудняя решение второй проблемы. Вообще, для сплава постоянного состава достаточно легко подобрать какую-либо обработку для изменения свойств и структуры с целью повышения его обрабатываемости. Однако к сплаву ВСТ2К это может быть не всегда применимо из-за непостоянства химического состава сплава разных плавов и необходимости корректировать параметры такой обработки для каждой новой партии. В этой связи разработка технологии обработки полуфабрикатов из сплава ВСТ2К, полученных из слитков с разным химическим составом,

обеспечивающей формирование однотипной структуры и, соответственно, стабильного уровня свойств представляет несомненный научный и практический интерес. Причем эта важная проблема может касаться и традиционных сплавов, поскольку вариабельность химического состава от плавки к плавке в оговоренных ГОСТами рамках в них также вполне допустима.

Таким образом, целью диссертационной работы Митропольской Н.Г. являлось установление влияния химического состава и структуры сплавов ВСТ2К и ВТ6 на комплекс механических свойств и термосиловые параметры резания и разработке на этой основе технологий их обработки, обеспечивающих регламентированный уровень физико-механических свойств.

Общая характеристика работы

Работа изложена на 183 страницах машинописного текста, включает введение, 5 глав, основные выводы, список литературы из 121 наименования и 1 приложения.

В работе рассмотрена классификация, принципы легирования и термическая обработка титановых сплавов; обсуждается применение титана и его сплавов в медицине; определяются параметры, влияющие на обрабатываемость металлов резанием и способы его улучшения; дается обзор термоводородной обработки и ионного азотирования применительно к титановым сплавам.

Автором изучены структура и свойства образцов сплава ВСТ2К, существенно отличающихся по химическому составу (отношение алюминиевого к молибденовому эквиваленту отличается в них в ~1,5 раза), после различных видов термической обработки. Предложены режимы, приводящие к формированию однотипной структуры в изучаемых образцах с близкими величинами твердости. Исследованы электрохимические характеристики сплава ВСТ2К после отжига по разработанным режимам в сравнении со сплавом ВТ6, нержавеющей сталью и сплавом Co-Cr-Mo.

В работе установлена взаимосвязь параметров стружки со структурным состоянием и твердостью сплава. Исследовано влияние дополнительного легирования водородом на термосиловые параметры резания сплава ВСТ2К. Показано, что химический состав сплава ВТ6 (в частности допустимого стандартом разброса содержания алюминия в сплаве с 5,5 до 6,7 % (масс.)) влияет на чистоту поверхности после полировки. Выявлен предпочтительный химический состав сплава для стабильно высокого качества полировки головок эндопротеза тазобедренного сустава.

Степень обоснованности научных положений и выводов, их достоверность и новизна

В диссертации получен ряд новых научно значимых результатов, среди которых можно отметить установление связи между обрабатываемостью сплава резанием и расстоянием между полосами сдвига, образующимися в структуре стружке. Автором также было показано, что в сплаве ВСТ2К минимальные температуру и усилия резания обеспечиваются структурой с глобулярной морфологией частиц альфа фазы размером 3-7 микрон и твердостью 35-37 единиц HRC. Было установлено, что в сплаве ВТ6 стабильно высокое качество полированной поверхности достигается при содержании алюминия 6,0-6,3%. Научные положения, выносимые на защиту, представляются обоснованными, поскольку они базируются на применении современных взаимодополняющих апробированных методов исследований и испытаний структуры и свойств титановых сплавов, прошли обсуждения на российских и международных научных конференциях, а также опубликованы в рецензируемых научных журналах.

Практическая значимость диссертационной работы

Практическая значимость работы заключается в доказательстве возможности улучшения термосиловых параметров резания за счет изменения структурного состояния материала. В работе разработаны режимы отжига горячекатаных полуфабрикатов из сплава сплаве ВСТ2К разного химического состава, обеспечивающие формирование однотипной структуры и стабильных свойств. Даны рекомендации по химическому составу прутков сплава ВТ6, обеспечивающие стабильно высокое качество полированной поверхности.

Полученные результаты были использованы ЗАО «Имплант МТ» (г. Москва) при разработке серийной технологии производства шаровых головок эндопротеза тазобедренного сустава из титанового сплава ВТ6.

Замечания по работе:

Несмотря на общее положительное впечатление от диссертационной работы, которая в целом логично структурирована и ясно изложена с использованием современной научной терминологии, к работе имеется несколько вопросов и замечаний.

1. На рис. 3.7 диссертации представлена очень любопытная зависимость температуры полиморфного превращения от отношения $[Al]_{экв}/[Mo]_{экв}$. Имеется сразу несколько вопросов, касающихся этого графика:

а) Почему для исследований были взяты только три состава сплава, причем находящиеся в левой части этого графика? Можно ли использовать разработанные в дальнейшей работе режимы для сплавов №8 и 9?

б) Имеет ли эта зависимость универсальный характер, или же она применима только к сплаву ВСТ2К?

в) Почему в дальнейшей работе соискатель отказалась от оценки сплавов по параметру $[Al]_{\text{ЭКВ}}/[Mo]_{\text{ЭКВ}}$ и перешла к использованию параметра $[Mo]_{\text{ЭКВ}}$? Ведь колебание элементов, участвующих в формировании $[Al]_{\text{ЭКВ}}$ в сплаве ВСТ2К чрезвычайно велико, что вряд ли позволяет их игнорировать.

2. В главе 3 диссертации влияние той или иной термической обработки на механические свойства автор в основном приписывает двум механизмам: твердорастворное упрочнение и упрочнение от вторичных частиц α фазы (например, с. 112). К сожалению, автор не приводит количественные оценки вкладов этих механизмов в упрочнение, что существенно улучшило бы ценность полученных результатов.

3. Какова физическая причина формирования одностипной структуры с близкими значениями твердости в сплавах состава 1 и 3 после отжига при одной и той же температуре (880°C)? При этом сплав состава 2, имеющий промежуточный (между сплавами составов 1 и 3) молибденовый эквивалент следует отжигать при температуре 990°C (стр. 124)?

4. Требуется дополнительное разъяснение вывод по расстоянию между полосами сдвига L_c как критерию обрабатываемости. Невозможность использовать данный критерий для сплавов различного химического состава, очевидно, существенно снижает ценность данного результата. Возможно, автору диссертационной работы следует найти вместо абсолютных значений L_c некие нормированные величины, которые имели бы более универсальный характер?

5. Не вполне понятно, почему в диссертации не выполнено сквозное сравнение по двум сплавам: ВСТ2К и ВТ6, тем более что автор упоминает подобие этих двух сплавов. Представляется логичным использовать сплав ВТ6 как некий эталонный вариант, с довольно узким разбросом по химическому составу, на котором в первую очередь должны работать все выведенные зависимости.

Отмеченные отдельные замечания не изменяют общей положительной оценки диссертационной работы и не снижают ее научной и практической ценности.

Заключение

Диссертационная работа Митропольской Н.Г. представляет собой законченное исследование. Автореферат полностью соответствует тексту

диссертации. Материалы диссертационной работы достаточно полно опубликованы в статьях в журналах из списка ВАК и представлены в материалах конференций. Результаты работы докладывались на международных и всероссийских конференциях и семинарах. Представленная работа соответствует паспорту специальности 05.16.01 – «Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов» в пунктах 2 и 3 (технические науки). Диссертационная работа Митропольской Н.Г. является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной, имеющей значение для металловедения, задачи определения влияния химического состава и структуры сплавов ВСТ2К и ВТ6 на комплекс механических свойств и термосиловые параметры резания и разработке на этой основе технологий их обработки, обеспечивающих регламентированный уровень физико-механических свойств.

Таким образом, по актуальности и объему выполненных исследований, новизне, достоверности, научной и практической значимости полученных результатов и выводов диссертационная работа Митропольской Н.Г. «Влияние химического состава и структуры на обрабатываемость резанием титановых сплавов ВСТ2К и ВТ6» соответствует критериям (в том числе пп. 9-14), установленным «Положением о присуждении ученых степеней», и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Митропольская Наталия Георгиевна заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов.

Официальный оппонент,
Жеребцов Сергей Валерьевич
заведующий кафедрой «Материаловедение
и нанотехнологии» ФГАОУ ВО НИУ «БелГУ»
доктор технических наук

308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85,
тел: +7(4722) 58-54-16
zherebtsov@bsu.edu.ru

