

Ученому секретарю
диссертационного совета 24.2.332.01, к.т.н.
Сотовой Е. С.
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»
127994 Москва, Вадковский переулок, д. 1

ОТЗЫВ

официального оппонента Вайнштейна Д.Л.

на диссертацию Тета У «Улучшение обрабатываемости сплавов на основе титана путем рационального выбора поверхностной обработки инструмента», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. — Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

1. Актуальность работы

Актуальность исследовательских и технологических работ, направленных на повышение ресурса режущего инструмента, в том числе рассматриваемых в предлагаемой диссертационной работе концевых фрез и свёрл, предназначенного для обработки труднообрабатываемых титановых сплавов, в настоящее время не подвергается сомнению: титановые сплавы, в том числе рассматриваемые в диссертационной работе самый «ходовой» сплав ВТ6 и жаропрочный ВТ18У, активно используются в аэрокосмической промышленности.

К особенностям титана и сплавов на его основе, которые затрудняют его обработку резанием, относятся значительный коэффициент трения, низкая теплопроводность и высокая химическая активность, что приводит к снижению пути резания этих материалов и, как следствие, росту себестоимости производства.

Поставленные цели и задачи работы, направленные на выявление особенностей взаимодействия инструмента, изготовленного из быстрорежущей стали или твёрдого сплава, в том числе с различными видами обработки поверхности, с обрабатываемыми титановыми сплавами с разным составом и структурой, представляют существенный научный и практический интерес.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Диссертационная работа выстроена логично, проведён подробный анализ процессов, происходящих в зоне контакта «деталь-инструмент» при обработке резанием титановых сплавов, обоснованно выбраны материалы для исследований, проведён на хорошем методическом уровне цикл экспериментальных работ по измерению силовых параметров резания и характера износа инструмента при обработке титановых сплавов, проведён компьютерный анализ обнаруженных закономерностей методом К-средних и вычисления критерия Пирсона для установления отсутствия или наличия взаимосвязей между различными экспериментальными параметрами.

В целом все результаты взаимоувязаны, теоретические подходы подтверждены экспериментом, все положения, выносимые на защиту, доказаны.

3. Оценка новизны и достоверности.

Результаты, полученные автором, являются новыми и имеют существенное значение как для фундаментальной и прикладной науки, так и для непосредственной практической реализации.

В целом все результаты взаимоувязаны, теоретические подходы подтверждены экспериментом, все положения, выносимые на защиту, доказаны.

Результаты работы обсуждены в ходе докладов на 5 всероссийских и международных конференциях. В рамках темы выпускной работы опубликовано 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, индексируемых в наукометрических базах Scopus и Web of Science, а также 2 публикации в сборниках материалов международных научно-технических конференций.

4. Замечания по диссертационной работе.

Во второй главе «Материалы и оборудование» на подписях к рисункам 2.1, 2.4 и 2.6 следовало бы указать, что представленные микроструктуры получены (скорее всего) с помощью просвечивающей электронной микроскопии при достаточно большом увеличении. Либо в этой главе, либо в следующих следовало бы обсудить детали структуры исследованных сплавов, представленных на фотографиях, а также снятых при меньших увеличениях вплоть до макро, и обсудить возможное влияние различий в структуре на обрабатываемость.

На стр. 66 указано, что «На инструменте сформировался тонкий слой сплава Nb70Hf22Ti8, после чего был проведен его облучение электронным пучком запускает процесс легирования путем реакции пленки с азотом» Фраза понимается с трудом.

Помимо облучения электронным пучком в камере присутствовал газообразный азот? Каковы были параметры атмосферы: общий состав, общее давление, парциальное давление азота?

При в целом очень хорошем изложении предмета, с учётом того, что для соискателя русский язык – не родной, в тексте диссертации присутствует ряд погрешностей редакционного характера, например:

На странице 8 «на температуру в зоне контакта инструмента и заготовки в основном влияет скорость резания, которая значительно повышается во время механической обработки титановых сплавов» - явно неудачная формулировка: повышается в реальности температура, а по предложению – скорость резания.

Стр. 9. «Так, составляющая силы резания P_z на 15% увеличивается, а сила P_y на 20% падает.» В каком случае соответствующие силы больше или меньше?

Стр. 12. Подпись к рис. 1.1 «(а) тело-центрированную кубическую структуру (β -структура) и (б) шестиугольную плотноупакованную структуру». Неудачная терминология: ОЦК - объёмноцентрированная кубическая, ГК - гексагональная компактная (ГК) или плотноупакованная (ГПУ). Понятно, что это дословный перевод с английского, но следовало применять русскую терминологию

Стр. 13 «Соединения алюминия с титаном применяются для *укрепления* сплавов титана» Этот процесс называется упрочнением.

Стр. 13 «Из-за плохой теплопроводности титана значительная доля энергии преобразуется в тепло...» Сомнительное утверждение: скорее значительное тепловыделение происходит из-за высокого коэффициента трения в паре "титан-инструмент". А низкая теплопроводность, действительно, вызывает рост температуры в зоне резания.

Стр. 14 «Износ инструмента будет возрастать с увеличением времени обработки, поскольку в зоне резания выделяется всё большее количество тепла.» Износ всегда растёт с увеличением времени работы. В данном случае речь идёт о накоплении повреждений, вызванных нагревом, что следовало бы конкретизировать.

Стр. 19 Неудачный заголовок Таблицы 1.1 «Различные инструментальные материалы демонстрируют разные температуры, при которых они теряют свою твердость.» Лучше было бы «Температура размягчения различных инструментальных материалов». То же замечание к Табл. 3.2 (Стр. 73).

Стр. 21 Рис. 1.5. Неудачная подрисовочная подпись. И твёрдость лучше выражать в единицах HV.

На стр. 24 практически повторяющие друг друга фразы «Под износом инструмента понимают изменение формы инструмента от его первоначальной формы, в процессе резки, в результате постепенной потери инструментального материала или деформации [102-104]» и «Износ инструмента представляет собой изменение первоначальной формы инструмента в процессе резания, вызванное постепенной утратой материала или деформацией.»

Стр. 33 «Считается, что изменить физико-химические свойства исходной поверхности изделия можно осуществить путем создания внутренних или внешних покрытий, либо возможно использовать их комбинации (рис. 1.9).» Неудачная конструкция фразы.

Стр. 39 «В высокоскоростной токарной обработке предпочтение отдается инструментам с CVD-покрытием, в первую очередь из-за соображений экономической целесообразности. Процесс может протекать при таких высоких температурах, что это может негативно сказаться на структуре твердого сплава, приводя к охрупчиванию основания. Поэтому такая технология менее распространена в фрезерных инструментах. PVD-покрытия предлагают для процессов получистовой и финишной обработки.» Явное противоречие между 1 и 2 предложениями абзаца. Так что лучше для фрезерования титана: CVD или PVD?

Стр. 39 «Инструменты с PVD-покрытием обладают высокой внутренней твердостью» Что такое "внутренняя твердость" и как она измеряется?

Стр. 40 «Если же зерно прорастает через слои покрытия, то эффект многослойности пропадает» Есть вариант эпитаксиального роста зёрен верхних слоёв на ниже лежащих. Тогда преимущество многослойности отчасти сохраняется.

Стр. 45 «обнадеживающих результатов за счет применения многослойных.» Следовало дописать слово "покрытий".

Стр. 47 Табл. 2.1. Вместо «Другой» у нас принято писать «Остальные»

Стр. 47 Табл. 2.2 Названия механических свойств на растяжение следовало указывать по ГОСТ 1497-2023.

Стр. 49 «(с коэффициентом охлаждения порядка 10⁶ К/с)» Вероятно, имелась в виду скорость охлаждения 1 млн. градусов в секунду. Так?

Стр. 74 «коэффициента трения по Амонту» Ну, это явная опечатка: Амонтону.

Стр. 78 «на часть сверл» Сверление и фрезерование - разные операции. Нет ли противоречия в заголовке и дальнейшем тексте?

Стр. 86 Явный повтор фразы «налипа. Измерение силы резания показывает тенденцию к ее некоторому увеличению, на сверлах с покрытиями во всех случаях.

Измерение силы резания показывает тенденцию к ее некоторому увеличению, на сверлах с покрытиями.»

Стр. 93 «Исследовать, используя аналогичные твердосплавные фрезы с одинаковым покрытием, существует ли корреляция между изменениями осевого усилия и параметров качества отверстий, полученных при сверлении, и стойкостью инструмента при фрезеровании, а также между установкой титановой заготовки и покрытием, как было оценено в вышеуказанных экспериментах» Явно необходимо вводное предложение в начале.

Стр. 94 «Применение конечной фрезы» Концевой!

Стр. 105 «Исследование особенностей взаимодействия между быстрорежущим и твердосплавным инструментом с комбинированными износостойкими покрытиями титановыми заготовками удалось...» Следует переписать хотя бы в докладе: "Исследование особенностей взаимодействия инструмента из быстрорежущей стали и твердого сплава с комбинированными износостойкими покрытиями и обрабатываемыми титановыми заготовками удалось ..."

Несмотря на высказанные замечания, диссертационная работа производит в целом хорошее впечатление. Положения, выносимые на защиту, подкреплены качественными теоретическими и экспериментальными результатами.

Автореферат диссертации и публикации диссертанта адекватно отражают содержание диссертационной работы и соответствуют требованиям ВАК. Диссертация представляет собой законченное исследование и соответствует требованиям, установленным в Положении о порядке присуждения ученых степеней.

Соискатель Тет У заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.5.5. — Технология и оборудование механической и физико-технической обработки.

Официальный оппонент, заместитель
директора ООО НТВП «Поверхность»,
кандидат физ.-мат. наук



Д.Л. Вайнштейн

06 июня 2025 г.

Подпись Д.Л. Вайнштейна заверяю
Директор ООО НТВП «Поверхность»,
кандидат тех. наук



А.И. Ковалев