Министерство образования и науки Российской Федерации

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет
Кафедра прочности и проектирования (ПП)

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП
д-р физ.-мат. наук, профессор
_____ С. Н. Кульков
подпись
«05» 06 2017 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

КЕРАМИЧЕСКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ Al_2O_3-ZrO_2-TiC С ПОВЫШЕННОЙ ВЯЗКОСТЬЮ РАЗРУШЕНИЯ

по основной образовательной программе подготовки магистров
направление подготовки 15.04.03 – Прикладная механика
Котельников Никита Леонидович

Научный руководитель ВКР
д-р физ.-мат. наук, профессор
_____ С. Н. Кульков
подпись
«05» 06 2017 г.

Научный консультант
к.т.н., н.с. ИФПМ СО РАН
_____ М.В. Григорьев
подпись

Автор работы
студент группы № 10512
_____ Н.Л. Котельников
подпись

Томск-2017

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Физико-технический факультет
Кафедра прочности и проектирования

Зав. кафедрой прочности и проектирования
д.ф.-м.н., профессор
_____ С. Н. Кульков

«_____» _____2015 г.

ЗАДАНИЕ

На выпускную работу магистранта ФТФ, Котельникова Н.Л.

Тема работы: Керамические композиционные материалы Al_2O_3-ZrO_2-TiC с повышенной вязкостью разрушения

Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор С.Н. Кульков

Научный консультант: М.В. Григорьев

Срок представления законченной работы на кафедру: 7 июня 2017г.

Содержание работы и сроки исполнения:

№	Содержание этапа практики	Сроки исполнения
1	Обобщение данных по результатам исследований в области получения и механического поведения высокопрочных керамических материалов, опубликованных в научных изданиях	01.10.2015 – 31.12.2015
2	Подготовка 8 вариаций порошков Al_2O_3-ZrO_2-TiC с разным процентным соотношением компонентов	01.01.2016 – 01.09.2016
3	Получение керамических образцов методом горячего прессования в широком диапазоне температур, скоростей нагрева и времени выдержки	01.09.2016 – 31.12.2016
4	Исследование структуры и ее влияния на физико-механические свойства полученных образцов с последующей обработкой и обобщением данных	01.01.2017 - 07.06.2017

Рекомендуемая для изучения литература:

1. Dong Q, Tang Q, Li W. Al2O3–TiC–ZrO2 nanocomposite fabricated by combustion synthesis followed by hot pressing. *Mater Sci Eng* 2008;**A475**:68–75.
2. Aslantas K, Ucun I, Cicek A. Tool life and wear mechanism of coated and uncoated Al2O3/TiCN mixed ceramic tools in turning hardened alloy steel. *Wear* 2012;**274**:442–51.
3. Григорьев М.В., Буякова С.П., Кульков С.Н. Влияние механической обработки на структуру и свойства порошков ZrO_2 и TiC и спеченных на их основе керамик // Огнеупоры и техническая керамика -2013. - №11/12 - С. 20-25.

4. Li XS, Low IM. Ceramic cutting tools-an introduction. In: *Advancedceramic tools for machining applications-I Key Engg Mater.* Switzerland:Trans Tech. Publications; 1994. p. 1–18.
5. J. Cabrero, F. Audubert, R. Pailler Fabrication and characterization of sintered TiC–SiC composites // Journal of the European Ceramic Society 31 (2011) 313–320
6. Jinane Tarabay, Véronique Peres, Eric Serris, Franc¸ois Valdivieso, Michèle Pijolat Zirconia matrix composite dispersed with stainless steel particles: Processing and oxidation behavior // Journal of the European Ceramic Society 33 (2013) 1101–1110
7. Mehdi Mazaheri, Daniele Mari, Robert Schaller, Guillaume Bonnefont, Gilbert Fantozzi Processing of yttria stabilized zirconia reinforced with multi-walled carbon nanotubes with attractive mechanical properties // Journal of the European Ceramic Society 31 (2011) 2691–2698
8. N. Garmendia, S. Grandjean, J. Chevalier, L.A. Diaz, R. Torrecillas, I. Obieta Zirconia–multiwall carbon nanotubes dense nano-composites with an unusual balance between crack and ageing resistance // Journal of the European Ceramic Society 31 (2011) 1009–1014

Руководитель работы: _____ д.ф.-м.н., профессор С.Н. Кульков

Задание принял к исполнению: _____ Н.Л. Котельников

Реферат

Магистерская диссертация изложена на 51 странице, содержит 26 рисунков, 9 таблиц, 34 литературных источника.

Ключевые слова: горячее прессование, диоксид циркония, оксид алюминия, карбид титана, керамические композиты, режущий инструмент, вязкость разрушения.

Целью данной работы является изучение структуры и свойств композиционных материалов Al2O3 - ZrO2 - TiC.

В данной работе было исследовано влияние добавления диоксида циркония и карбида титана в матрицу из оксида алюминия на микроструктуру и механические свойства композита, полученного методом горячего прессования. Было показано, что методом горячего прессования в среде аргона при температуре спекания 1500°C может быть получен композит с хорошей структурой и минимальной пористостью.

Материал обладает мульти-масштабной иерархической структурой, которая улучшает физико-механические свойства композита.

Твёрдость и трещиностойкость композита 22 ГПа и 5.2МПа*м*1/2 соответственно. Также было показано, что механические свойства композита лучше, чем коммерческие аналоги на основе оксида алюминия и сравнимы с карбид-кремниевыми композитами.

Abstract

The master's thesis contains 51 pages, 26 figures, 9 tables and 34 literature references

Keywords: hot-pressing, alumina, zirconia, TiC, composite, cutting tool, toughness.

The goal of this work is to study the structure and properties of Al2O3 - ZrO2 - TiC composite materials.

The effect of adding nanocrystalline ZrO2 and submicron TiC to ultrafine Al2O3 on mechanical properties and the microstructure of the composites developed by hot pressing was investigated. It has been shown that by means of hot pressing in an argon atmosphere at a sintering temperature of 1500°C one can obtain the composites Al2O3 - ZrO2 - TiC with a fine structure and minimal porosity.

It has been shown that in material a multi-scale hierarchical structure forms, which possesses high physical and mechanical properties:

The hardness and fracture toughness was 22 GPa and 5.2 MPa*m*1/2 respectively. It has been shown that mechanical properties of the composite are better than commercial composites based on aluminum oxide (Al2O3, ZTA, Al2O3- TiC) and comparable to silicon nitride.

Оглавление

Введение. 7

Глава 1. Обзор научной литературы. .....**Error! Bookmark not defined.**

Цель диссертационной работы. .....**Error! Bookmark not defined.**

Методика работы.....**Error! Bookmark not defined.**

Глава 2. Результаты и обсуждение. .....**Error! Bookmark not defined.**

2.1 Рентгенофазовый анализ. .....**Error! Bookmark not defined.**

2.2 Сканирующая электронная микроскопия. **Error! Bookmark not defined.**

2.3 Определение размера зёрен. .....**Error! Bookmark not defined.**

2.4 Механические свойства.....**Error! Bookmark not defined.**

Заключение. 9

Список использованной литературы..... 10

Введение

Современное состояние и развитие технологии керамики и прежде всего технологии высококачественных порошков, как сырьевых материалов, так и добавок, а также теории спекания показывают, что далеко не исчерпаны возможности создания на основе оксидов и их соединений новых видов керамики, в том числе на основе оксида алюминия [1-5]. Разработка новых технологических решений, принципов подбора необходимых порошков способствуют созданию новых по качеству материалов и расширению областей их применения.

Керамические материалы на основе оксида алюминия широко используются в различных областях промышленности [5], что обусловлено особым комплексом свойств – высокие температура эксплуатации, прочность, термостойкость, износостойкость и химическая стойкость.

При создании керамик различного функционального назначения основным требованием является получение материала с заданной структурой с оптимальными, для конкретной задачи, физико-механическими свойствами.

Корундовая керамика благодаря уникальному сочетанию свойств (высокая механическая прочность, твердость, износостойкость, огнеупорность, теплопроводность, химическая инертность) широко применяется в современной технике. На ее основе создан широкий спектр высококачественных материалов для электроники, электротехники, машиностроения и ряда других отраслей промышленности [6-8].

Актуальной проблемой на сегодняшний день в области развития технологий машиностроения является разработка керамических композиционных материалов нового класса, обладающих высокой твердостью, химической инертностью способных выдерживать длительное воздействие агрессивных сред, высокого давления, ударных нагрузок и температур, с повышенной стойкостью к хрупкому разрушению и трещиностойкостью.

В частности, при обработке резанием заготовок из высокопрочных закаленных сталей сталкиваются с проблемой возникающих ударных нагрузок на резец, в результате которой срок службы резца значительно сокращается. Использование в данном случае резцов из твердых сплавов невозможно из-за их склонности к разрушению при такого рода воздействии. Одним из перспективных материалов на роль такого режущего инструмента являются керамические композиты.

Керамические композиты Al_2O_3–TiC и Al_2O_3–ZrO_2 широко используются в промышленности [5,7]. Композит Al_2O_3–TiC известен как «черная керамика» и имеет состав 70% Al_2O_3 и 30% TiC, благодаря высокому модулю упругости и твердости карбида титана [6] «черная керамика» обладает повышенной твердостью порядка 22ГПа, но недостаточной вязкостью разрушения - не более 4 МПа*м$^{1/2}$ [4]. Добавление до 20% ZrO_2 частично стабилизированного иттрием, обладающего очень высокой вязкостью разрушения 10 МПа*м$^{1/2}$, в матрицу оксида алюминия напротив повышает вязкость разрушения композита, но ухудшает твердость, в данном случае твердость и вязкость разрушения Al_2O_3- ZrO_2 композитов составляют 18 ГПа и 5 МПа*м$^{1/2}$, соответственно [9]. В связи с этим вызывает интерес создание трехкомпонентного композита с добавлением, как диоксида циркония, так и карбида титана в матрицу оксида алюминия, что, по-видимому, позволит повысить вязкость разрушения композита при сохранении его высокой твердости.

Заключение

В данной работе, методом горячего прессования в среде аргона были получены композиты системы Al_2O_3 – ZrO_2 – TiC с плотностью близкой к теоретической, чего ранее не было достигнуто данным методом.

Установлено, что в результате спекания между отдельными компонентами композита химикореакционного взаимодействия не происходит.

Было выявлено, что оптимальным режимом горячего прессования является нагрев со скоростью 150°С/мин до 1500°С под давлением 50МПа и выдержка 10 минут.

Показано, что механические свойства на поверхности и в объеме композитов отличаются. Твердость на поверхности меньше чем в объеме, а трещиностойкость наоборот выше. С увеличением содержания карбида титана в системе прочность на изгиб уменьшается.

Наилучшее сочетание механических свойств показал состав 70%Al_2O_3 – 10%ZrO_2 – 30%TiC полученный при оптимальном режиме горячего прессования, его твердость и вязкость разрушения составили 22 ГПа и 5,2 МПа*м$^{1/2}$ соответственно.

Показано, что твердость и вязкость линейно возрастают с увеличением содержания карбида титана в исследуемых композитах.

Однако испытания композитов на резание с ударом показали, что данных механизмов упрочнения недостаточно в таких агрессивных условиях эксплуатации, по-видимому, необходимо в дальнейших исследованиях детально изучить влияние среднего размера зерен на механическую стойкость режущей кромки в процессе резания с ударом.

Список использованной литературы

1. Аяди М.Б., Лукин Е.С. Корундовая керамика на основе оксида алюминия, полученного плазмохимическим методом // Стекло и керамика.– 1998. № 2, – С. 27-28.
2. Лукин Е.С., Кутейникова А.Л., Попова Н.А. Пористая проницаемая керамика из оксида алюминия // Стекло и керамика. – 2003. – №3.– С. 17-18.
3. Бакунов В.С. Оксидная керамика: Спекание и ползучесть // Министерство образования и науки РФ, - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007.- 584 с.
4. . Бакунов В.С., Лукин Е.С. Особенности технологии высокоплотной технической керамики. Химические методы получения исходных порошков // Стекло и керамика. – 2008. №2. – С. 3-7.
5. Андриец С.П., Дедов Н.В., Кутявин Э.В. и др. Структура и свойства плазмохимических порошков оксида алюминия. // Известия вузов. Цветная металлургия.– 2008. №3. – С. 64-70.
6. Лукин Е.С., Макаров Н.А., Козлов А.И. и др. Оксидная керамика нового поколения и области ее применения // Стекло и керамика. – 2008. – №10.– С. 27–
7. S. Vercauteren, K. Keizer, E.F. Vansant, J. Luyten, R. Leysen Porous Ceramic Membranes: Preparation, Transport Properties and Applications // Journal of Porous Materials 5. –1998. – P.241–258
8. 10. Салихов Т.П., Кан В.В., Уразаева Э.М. и др. Корундовая фильтрующая керамика на фосфатных связках. // Стекло и керамика. – 2008. №8. – С. 28-31.
9. Григорьев М.В., Буякова С.П., Кульков С.Н. Влияние механической обработки на структуру и свойства порошков ZrO_2 и TiC и спеченных на их основе керамик // Огнеупоры и техническая керамика -2013. - №11/12 - С. 20-25.

10. J. Cabrero, F. Audubert, R. Pailler Fabrication and characterization of sintered TiC–SiC composites // Journal of the European Ceramic Society 31 (2011) 313–320
11. Jinane Tarabay, Véronique Peres, Eric Serris, Franc¸ois Valdivieso, Michèle Pijolat Zirconia matrix composite dispersed with stainless steel particles: Processing and oxidation behavior // Journal of the European Ceramic Society 33 (2013) 1101–1110
12. Mehdi Mazaheri, Daniele Mari, Robert Schaller, Guillaume Bonnefont, Gilbert Fantozzi Processing of yttria stabilized zirconia reinforced with multi-walled carbon nanotubes with attractive mechanical properties // Journal of the European Ceramic Society 31 (2011) 2691–2698
13. N. Garmendia, S. Grandjean, J. Chevalier, L.A. Diaz, R. Torrecillas, I. Obieta Zirconia–multiwall carbon nanotubes dense nano-composites with an unusual balance between crack and ageing resistance // Journal of the European Ceramic Society 31 (2011) 1009–1014
14. Y.-E. Zhu, L. Shi, C. Zhang, X.-Z. Yang, J. Liang. Preparation and properties of alumina composites modified by electric field-induced alignment of carbon nanotubes // Appl. Phys. A. 89. - 2007. – p. 761-767
15. Jian Liu, Haixue Yan, Mike J. Reece, Kyle Jiang Toughening of zirconia/alumina composites by the addition of graphene platelets // Journal of the European Ceramic Society 32 (2012) 4185–4193
16. Deng Jianxin, Cao Tongkun, Ding Zeliang, Liu Jianhua, Sun Junlong, Zhao Jinlong Tribological behaviors of hot-pressed Al2O3/TiC ceramic composites with the additions of CaF2 solid lubricants // Journal of the European Ceramic Society 26 (2006) 1317–1323
17. A. Hirvonen, R. Nowak, Y. Yamamoto, T. Sekino, K. Niihara Fabrication, structure, mechanical and thermal properties of zirconia-based ceramic nanocomposites // Journal of the European Ceramic Society 26 (2006) 1497–1505

18. Nicolas M. Rendtorff, Salvatore Grasso, Chunfeng Hu, Gustavo Suarez, Esteban F. Aglietti, Yoshio Sakka Zircon–zirconia (ZrSiO4–ZrO2) dense ceramic composites by spark plasma sintering // Journal of the European Ceramic Society 32 (2012) 787–793
19. Enik˝o Volceanov, S¸ tefania Motoc, Alexandru Traian Abagiu,Adrian Volceanov, S¸ tefania Stoleriu Influence of sintering environment on zirconia–metal carbides characteristics // Journal of the European Ceramic Society 27 (2007) 763–768
20. Li XS, Low IM. Ceramic cutting tools—an introduction. In: *Advanced ceramic tools for machining applications-I Key Engg Mater.* Switzerland:Trans Tech. Publications; 1994. p. 1–18.
21. Shaw MC. *Tool materials metal cutting principles*. 2nd ed. New Delhi:Oxford University Press; 2005. p. 307–48.
22. Kumar AS, Durai AR, Sornakumar T. Machinability of hardened steel using alumina based ceramic cutting tools. *Int J Refract Met Hard Mater* 2003;**21**:109–17.
23. Aslantas K, Ucun I, Cicek A. Tool life and wear mechanism of coated and uncoated Al2O3/TiCN mixed ceramic tools in turning hardened alloy steel. *Wear* 2012;**274**:442–51.
24. Meng F, Liu C, Zhang F, Tian Z, Huang W. Densification and mechanical properties of fine-grained Al2O3–ZrO2 composites consolidated by SPS. *J Alloys Compd* 2012;**512**:63–7.
25. Kannisto E, Ercin Cura M, Levanen E, Hannula SP. Mechanical properties of alumina based nanocomposites. *Key Eng Mater* 2013;**527**:101–6.
26. Ercin Cura M, Kim SH, Muukkonen T, Varjus S, Vaajoki A, Soderberg O, Suhonen T, Hannula SP. Microstructure and tribological properties of PECS alumina–zirconia nanocomposites with different solid lubricants. *Ceram Int* 2013;**39**:2093–105.

27. Alveris-Clemares I, Borrell A, Agoram S, Torrecillas R, Fernandez A. Microstructure and mechanical effects of SPS in alumina monolithic ceramic. *Scr Mater* 2013;**68**:603–6.
28. Zhang Y, Wang L, Jiang W, Chen L, Bai G. Microstructure and properties of Al2O3–TiC nanocomposites fabricated by SPS from high-energy ball milled reactants. *J Eur Ceram Soc* 2006;**26**:3393–7.
29. Dibyendu Chakravarty, G. Sundararajan Microstructure, mechanical properties and machining performance of spark plasma sintered Al2O3–ZrO2–TiCN nanocomposites // Journal of the European Ceramic Society 33 (2013) 2597–2607
30. Sato T, Shiratori A, Shimada M. Sintering and fracture behavior of composites based on alumina–zirconia(yttria)–nonoxides. *J de Physique* 1986;**47**:733–7.
31. Dong Q, Tang Q, Li W. Al2O3–TiC–ZrO2 nanocomposite fabricated by combustion synthesis followed by hot pressing. *Mater Sci Eng* 2008;**A475**:68–75.
32. Zhang Y, Wang L, Jiang W, Chen L, Bai G., J Eur Ceram Soc. 26, (2006). p. 3393–3397.
33. Dibyendu Chakravarty, G. Sundararajan Microstructure, mechanical properties and machining performance of spark plasma sintered Al2O3–ZrO2–TiCN nanocomposites // Journal of the European Ceramic Society 33 (2013) 2597–2607
34. Салтыков С.А. Стереометрическая металлография М.: Металлургия, 1976. 270 с.

...или загрузите файл:

Файл не выбран... Выбрать файл...

Укажите год публикации: 2017

Выберите коллекции

- [x] Все
- [x] Рефераты
- [x] Авторефераты
- [x] Иностранные конференции
- [x] PubMed
- [x] Википедия
- [x] Российские конференции
- [x] Иностранные журналы
- [x] Российские журналы
- [x] Энциклопедии
- [x] Англоязычная википедия

Анализировать

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст

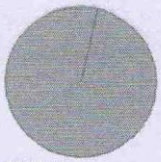
Год публикации: 2017.

Обработан файл:
ВКР Котельников.docx.

Оценка оригинальности документа - 100.0%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 0.0%



Просмотр заимствований в документе

Время выполнения: 7 с.

Заимствования отсутствуют

Дополнительно

Значимые оригинальные фрагменты

Библиографические ссылки

Искать в Интернете

Магистрант 2Р10512 : Котельников Н

Руководитель ООП,
Научный руководитель,
д-р. физ-мат наук,
профессор Кульков С. Н.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук
Канцелярия

Рекомендую выкладку ВКР в частичном объёме, в связи с содержанием действительной или потенциальной коммерческой ценности в силу неизвестности их третьим лицам.