

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный
технический университет»

На правах рукописи

Афанасьева Анна Алексеевна

**Исследование состава и дисперсности исходных порошков на
кинетику спекания и функциональные свойства твёрдого
сплава**

Направление 150600 – «Материаловедение и технология новых материалов»
Программа «Материаловедение и технологииматериалов»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ
на соискание академической степени магистра

Работа выполнена в филиале Общества с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр Информационные Технологии», г. Комсомольск-на-Амуре

Научный руководитель: **Ким Владимир Алексеевич**, доктор технических наук, профессор, г. Комсомольск-на-Амуре

Консультант **Чигрин Юрий Леонидович**, кандидат технических наук, директор ООО «Техкомплект» г. Комсомольск-на-Амуре

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы.

В настоящее время известно довольно большое количество исследований, посвящённых изучению влияния дисперсности исходных порошков и последующих технологических операций на структуру и свойства твёрдых сплавов. Всё больше становится актуальным вопрос культуры производства порошковых материалов. Проведена уже ни одна исследовательская работа, доказавшая, как напрямую зависят конечные свойства получаемых изделий от качества исходной смеси, её подготовки к спеканию, режима спекания и других факторов. Свойства спечённых сплавов в значительной мере определяются характеристиками исходного сырья и промежуточных продуктов твёрдосплавного производства, которые изменяются в зависимости от различных технологических параметров, таких как время размола, амплитуда колебаний и частота размола.

В данной работе рассматривается актуальный вопрос влияния дисперсности исходных порошков на кинетику спекания и физико-механические свойства твёрдого сплава, с целью получения более совершенного по характеристикам и структуре материала.

Цели и задачи.

Целью работы является исследование влияния дисперсности исходных порошков на кинетику спекания и физико-механические свойства твёрдого сплава.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие **задачи**:

1. Исследование изменения фазового состава и дисперсности структуры в зависимости от режимов вибрационного размола
2. Исследование механизма разрушения твёрдосплавного материала в условиях высоких ударных нагрузок и технологии его получения; выявление механизма трансформационного, межзёренного, межфазного разрушения.

Для решения поставленных задач применены современные **методы исследования**: компьютерная металлография, растровая электронная микроскопия, а также стандартизованные механические испытания.

Научная новизна магистерской диссертационной работы заключается в следующем:

1. Установлена и обоснована зависимость механических свойств твёрдого сплава от удельной поверхности зерна (дисперсности), определяемой продолжительностью диспергирования (размола) исходного порошка. Увеличение продолжительности размола ведет к росту удельной поверхности зерен и снижению температуры образования жидкой фазы, что способствует измельчению зерна и, как следствие, росту физико-механических свойств.

Практическая значимость работы заключается в следующем.

1. Разработаны технологические режимы получения твёрдосплавной композиции для работы в условиях высоких ударных нагрузок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы.

В первой главе изложены теоретические основы процессов разрушения твёрдых материалов, дано понятие измельчения.

Во второй главе изложены механические методы получения порошков. Приведены способы и оборудование для предварительного измельчения крупных сырьевых материалов.

В третьей главе изложены различные способы измельчения уже готовых твёрдосплавных смесей с размером зерна 2-3 мкм до более мелкозернистого состояния, при помощи разного вида шаровых, вибрационных, вихревых, струйных, планетарных центробежных и гироскопических мельниц и атриторов.

В четвертой главе изложены методики проведения испытаний. В работе была разработана методика размола исходной твёрдосплавной смеси WC-Co, производства ОАО «КЗТС» с размером частиц 2-3 мкм. Так же были приведены методики проведения исследований удельной поверхности твёрдосплавной смеси, кинетики её спекания.

Спечённые образцы исследовались согласно методикам металлографических исследований (определение пористости, размера зерна и микроструктуры вольфрамовых твёрдых сплавов), а также стандартизованными механическими испытаниями, такими как: определение твёрдости по Роквеллу, предела прочности при поперечном изгибе, плотности, коэффициента вязкости разрушения.

В пятой главе изложены результаты проведённых исследований.

Исследования свойств твёрдосплавного материала показали взаимосвязь физико-механических свойств со структурными и стереологическими изменениями порошков в зависимости от времени размола.

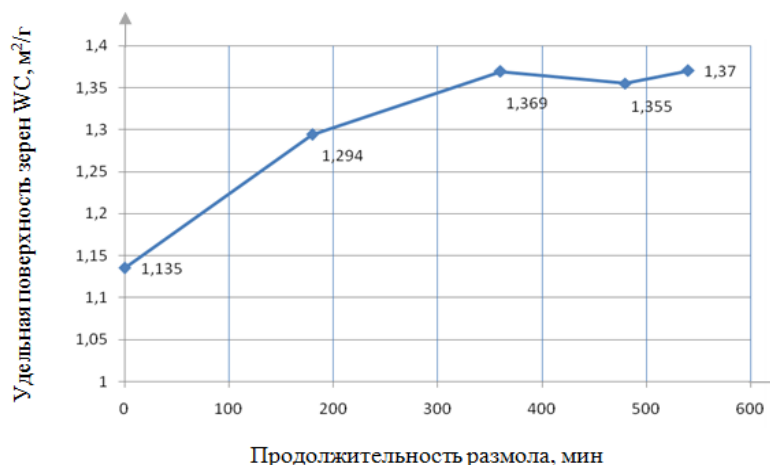


Рисунок 1 – Влияние продолжительности размола на удельную поверхность твёрдосплавной смеси

Исходя из полученных результатов (рисунок 1) в ходе испытания, был сделан вывод о том, что удельная поверхность твёрдосплавной смеси WC-Co увеличивается при продолжительности размола 180 - 360 мин на 12,3 % и 17 % соответ-

ственно. Затем происходит замедление роста удельной поверхности порошка. Снижается дефектность зерен карбида вольфрама (WC) и улучшается распределение связующего материала (Co) в смеси.

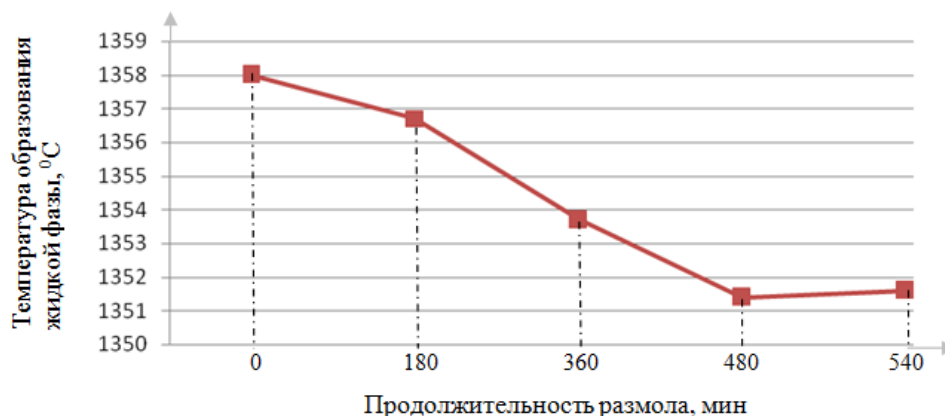


Рисунок 2 – Влияние продолжительности размола на температуру образования жидкой фазы

Температура образования жидкой фазы твёрдосплавной смеси WC-Co изменяется в зависимости от времени размола смеси (рисунок 2). Наиболее низкая температура образования жидкой фазы была достигнута при продолжительности размола смеси 480 минут и составила 1351,4 °C.

Сильно развитые поверхности частиц, повышение плотности дефектов активизируют процесс спекания, стимулируют поверхностную диффузию, уменьшают поверхность частиц и увеличивают контакт между ними.

Таблица 1 - Физико-механические свойства образцов, спечённых из твёрдосплавных смесей с различной удельной поверхностью и температурой образования жидкой фазы

Продолжительность размола, мин	Результаты испытаний					
	Удельная поверхность зерен WC, м ² /г	Температура образования жидкой фазы, °C	Твердость HRA ГОСТ 20017	Предел прочности при поперечном изгибе σ , МПа, ГОСТ 20019	Плотность, г/см ³ , ГОСТ 20018	Коэффициент вязкости разрушения K_{IC} , МПа×м ^{1/2}
0	1,135	1358	88.7	1860	14.64	13.54
180	1,294	1356,7	88.9	1920	14.65	14.33
360	1,369	1353,7	88.9	2020	14.66	14.27
480	1,355	1351,4	89.2	2170	14.67	13.78
540	1,370	1351,6	89.4	2220	14.72	13.74

Повышенная удельная поверхность зёрен твёрдосплавной смеси приводит к возрастанию физико-механических свойств (таблица 1).

Увеличение дисперсности смеси приводит к увеличению на 6-8 % коэффициента вязкости разрушения (K_{1C}). Лучшие значения K_{1C} достигаются при продолжительности механоактивации (виброразмола) от 180 до 360 минут. При дальнейшем увеличении времени размола до 540 минут наблюдалось небольшое снижение K_{1C} .

Значения твердости по Роквеллу (шкала А) возрастают с увеличением времени размола, так же как и плотность и предел прочности при поперечном изгибе спеченных образцов.

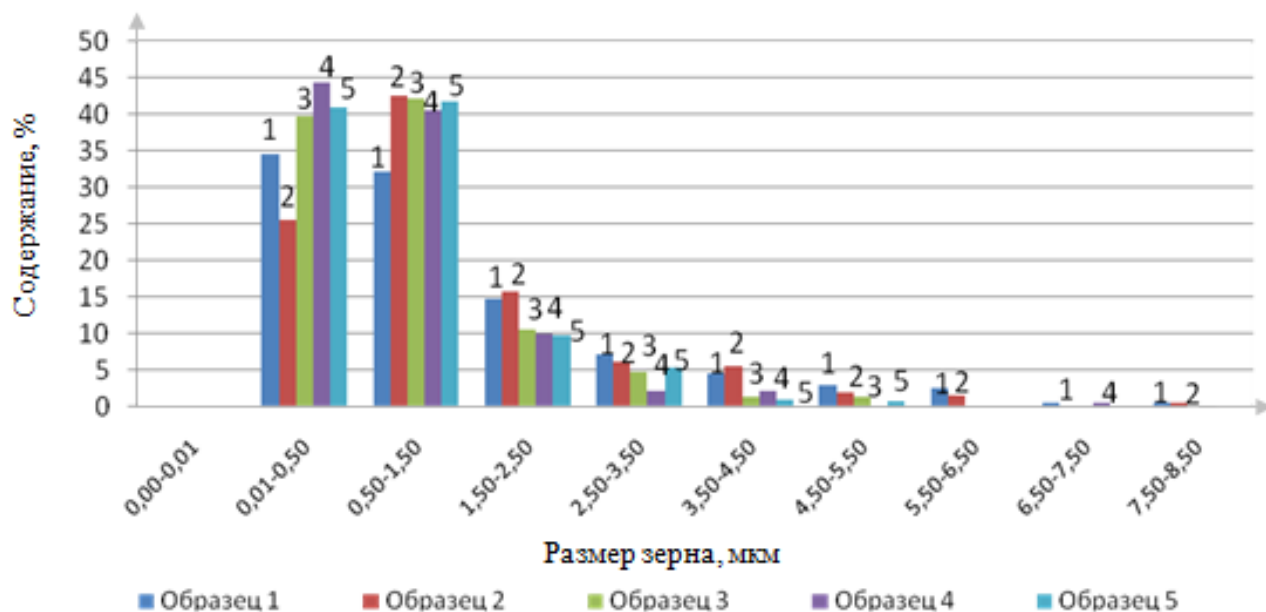


Рисунок 3 – Зависимость фракционного состава от продолжительности размола твердосплавной смеси WC-Co: образец №1 - 0 мин (исходная смесь), образец №2 - 180 мин, №3 - 360 мин, №4 - 480 мин, №5 - 540 мин

Результаты металлографического исследования образцов (рисунок 3), спечённых из смеси имеющих различную продолжительность размола, показали, что увеличение времени размола приводит к снижению пористости, кроме этого отсутствуют отдельные крупные поры размером 50 – 70 мкм. Данное обстоятельство обусловлено значительным измельчением зерна WC и равномерным распределением (Co) связки.

Размер зерна карбидной фазы менее 2 мкм получен на образцах с продолжительностью размола 360, 480 и 540 минут. С увеличением времени размола конечное изделие приобретает более однородную и мелкозернистую структуру. Длительная механоактивация порошков позволяет активировать окончательное жидкофазное спекание при более низкой температуре. Не происходит роста отдельных крупных зёрен и, как следствие, более мелкозернистая структура спечённого образца.

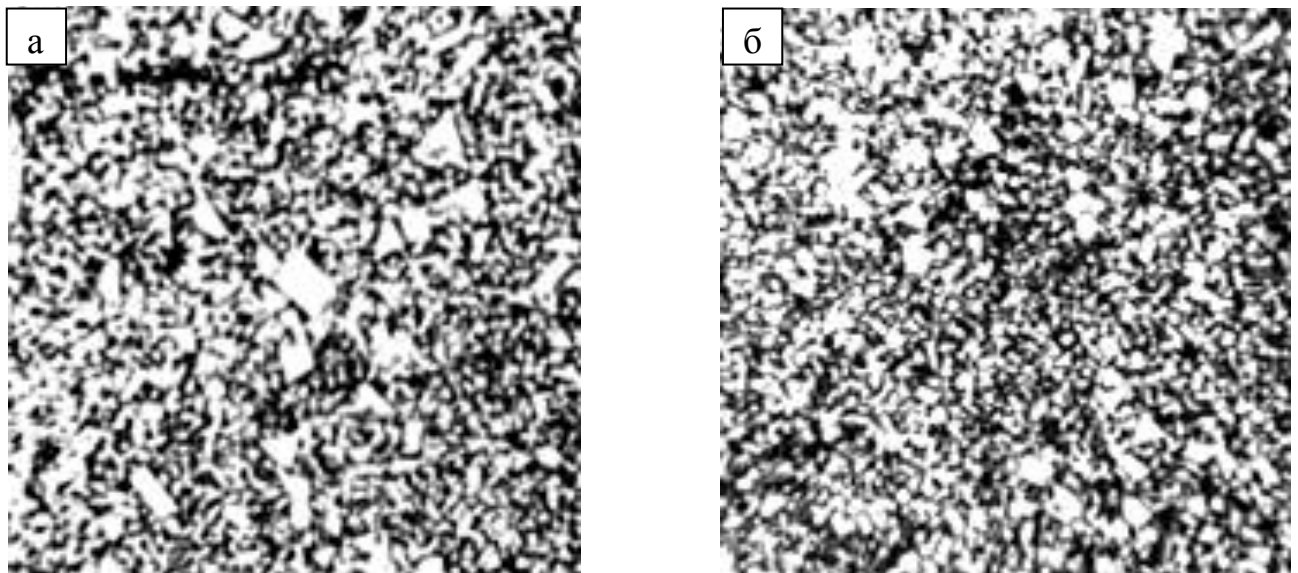


Рисунок 3- Микроструктура поверхности твердого сплава ВК8 с продолжительностью размола (увеличение $\times 1000$)
а) 0 мин (исходная смесь); б) 560 мин.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Установлено, что изменение дисперсности исходных порошков твердосплавной смеси приводит к изменению кинетики спекания. Температура образования жидкой фазы опустилась с 1358°C до $1351,6^{\circ}\text{C}$, при повышении удельной поверхности зёрен твёрдосплавной смеси с $1,135 \text{ м}^2/\text{г}$ до $1,370 \text{ м}^2/\text{г}$. Это явление объясняется тем, что сильно развитые поверхности частиц, повышенная плотность дефектов активизируют процесс спекания, стимулируют поверхностную диффузию, уменьшают поверхность частиц и увеличивают контакт между ними. Так же повышенная удельная поверхность зёрен твёрдосплавной смеси приводит к возрастанию физико-механических свойств и улучшению структурных характеристик спечённых изделий из твёрдого сплава. Формируются более однородные и мелкозернистые структуры, имеющие повышенные физико-механические свойства, такие как твёрдость порядка $89,4 \text{ HRA}$, плотность порядка $14,72 \text{ г/см}^3$, предел прочности порядка 2220 МПа . Было достигнуто увеличение на 6-8 % значений коэффициента вязкости разрушения при продолжительности механоактивации от 180 до 360 минут.

2. Были разработаны технологические режимы получения твёрдосплавной композиции для работы в условиях высоких ударных нагрузок.