

**ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ДЕСТРУКЦИИ ДИСПЕРСНЫХ СИСТЕМ ИОННО-
КОВАЛЕНТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ Me_xC_y , Me_xO_y ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ**

В.О. Чашчин², В.В. Фадеев², Е.С. Калатур³

Научный руководитель: профессор, д.т.н. С.П. Буюкова^{1,2,3}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

²Национальный исследовательский Томский государственный университет
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050

³Институт физики прочности и материаловедения СО РАН
Россия, г.Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

E-mail: chashchin91@gmail.com

**KINETICS OF DESTRUCTION OF DISPERSE SYSTEMS ION-COVALENT COMPOUNDS
 Me_xC_y , Me_xO_y IN DIFFERENT TYPES MACHINING**

V.O. Chashchin, V.V. Fadeev, E.S. Kalatur

Scientific Supervisor: Prof., Dr. S.P. Buyakova

¹Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

²Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

³Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Russia, Tomsk, Akademicheskii pr., 2/4, 634055

E-mail: chashchin91@gmail.com

Annotation. It has been studied the structural changes in the powders Al_2O_3 , TiC , ZrB_2 , which was machined carried out in a planetary and tumbling mills.

Исследования твердофазных процессов, реакций, инициируемых механическим воздействием, процессов с участием реагентов, подвергнутых предварительной механохимической обработке начаты давно, на сегодняшний день механохимические явления в дисперсных системах ионно-ковалентных соединений привлекают особый интерес в связи с интенсивным развитием нового направления в материаловедении, а именно: создание наноматериалов и нанокомпозитов с уникальным комплексом свойств. Одно из главных мест в поисковых исследованиях в этом направлении занимают керамические материалы.

Цель работы - изучение структурных изменений в порошках Al_2O_3 , TiC , ZrB_2 , подвергнутых механической обработке, которая осуществлялась в планетарной и барабанной мельницах.

Материалом для исследования служили порошки карбида титана (TiC), диборида циркония (ZrB_2) оксида алюминия (Al_2O_3).

В рамках работы механическая обработка (МО) порошков осуществлялась в мельницах двух видов:

1 вид - планетарная мельница АГО-2 с рабочей ёмкостью и мелющими телами из стали. Продолжительность механической обработки составляла $\tau = 1, 5, 10, 20, 30$ мин.

2 вид - барабанная мельница с рабочей ёмкостью и мелющими телами из высокоплотного корунда. Соотношение массы мелющих тел к массе порошка выдерживалось 5:1 и 10:1. Максимальная продолжительность механической обработки порошка составляла 100 ч.

Измерение удельной поверхности порошков проводилось на приборе «СОРБИ № 4.1» методом низкотемпературной адсорбции азота (БЭТ). Морфологию частиц порошка исследовали на растровом электронном микроскопе (РЭМ) SEM Philips-515. Данные о среднем размере частиц получены, используя метод динамического рассеяния света (ДНР), а также методом случайных секущих по РЭМ-изображениям.

Исходный порошок Al_2O_3 состоял из крупных глобулярных частиц, их средний размер составил ≈ 90 мкм, рис. 1. Данные глобулы представляли собой совокупность частиц неправильной формы, средний размер которых составлял ≈ 10 мкм. Исходный порошок карбида титана состоял из частиц неправильной формы, большинство из которых имели средний размер 1,5 и 10 мкм. Порошок ZrB_2 состоял из крупных рыхлых агломератов неправильной формы, средний размер которых составил ≈ 90 мкм. Данные агломераты состояли из мелких частиц со средним размером $\approx 1,8$ мкм.

Удельная поверхность исходных порошков составляла $S_{уд.} (TiC) = 0,8 \text{ м}^2/\text{г}$, $S_{уд.} (Al_2O_3) = 47 \text{ м}^2/\text{г}$, $S_{уд.} (ZrB_2) = 0,6 \text{ м}^2/\text{г}$. Согласно методу ДНР средний размер частиц порошка TiC составил $d_{ч.} = 28,2$ мкм, порошка Al_2O_3 $d_{ч.} = 17,4$ мкм, рис. 2, порошка ZrB_2 $d_{ч.} = 74,2$ мкм. Насыпная плотность порошка TiC составила $\rho_{н.} = 1,45 \text{ г}/\text{см}^3$, порошка Al_2O_3 , $\rho_{н.} = 0,6 \text{ г}/\text{см}^3$, порошка ZrB_2 , $\rho_{н.} = 1,26 \text{ г}/\text{см}^3$.

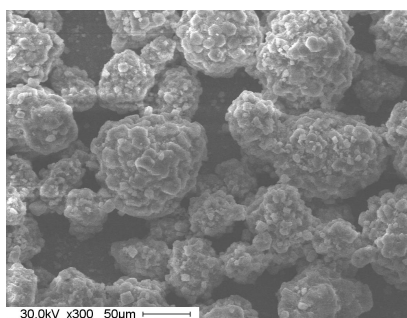


Рис. 1. РЭМ-изображение исходного порошка Al_2O_3

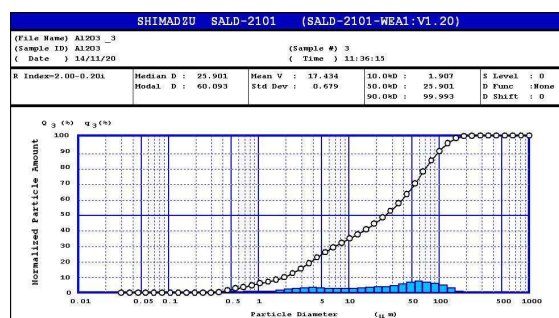


Рис. 2. Распределение частиц исходного порошка Al_2O_3 по размерам

Из представленных на рис. 3 зависимостей насыпной плотности от продолжительности механической обработки, видно, что увеличение продолжительности механической обработки до 1 минуты привело к незначительному уменьшению насыпной плотности в случае порошковых систем Al_2O_3 и ZrB_2 , а в случае системы TiC наблюдалось уменьшение насыпной плотности в 1,4 раза. Дальнейшее увеличение продолжительности механической обработки до 5 минут привело к росту величины насыпной плотности для всех систем, ее значения составили для TiC $\rho_{н.} = 1,35 \text{ г}/\text{см}^3$, для порошка Al_2O_3 , $\rho_{н.} = 0,75 \text{ г}/\text{см}^3$, для порошка ZrB_2 , $\rho_{н.} = 1,5 \text{ г}/\text{см}^3$.

Для измерения размеров частиц порошков использовался метод ДНР. Из полученных зависимостей степени измельчения дисперсных систем от продолжительности механической обработки, видно, что для всех дисперсных систем механическая обработка в течение 1 минуты привела к уменьшению среднего размера частиц.

Дальнейшее увеличение продолжительности механической обработки до 5 минут привело к увеличению среднего размера частиц в разной степени для всех исследуемых систем.

При продолжительности МО от 5 до 30 минут зависимости выходят в насыщение – величина среднего размера частиц практически не изменялась. Для порошка TiC средний размер частиц составил $d_{\text{ч}} \approx 20$ мкм, для порошка оксида алюминия составил $d_{\text{ч}} \approx 17,25$ мкм, для порошка ZrB_2 составил $d_{\text{ч}} \approx 14,75$ мкм. Таким образом, показано, что механическая обработка более 1 минуты приводит к агломерации вновь образованных частиц в процессе механической обработки.

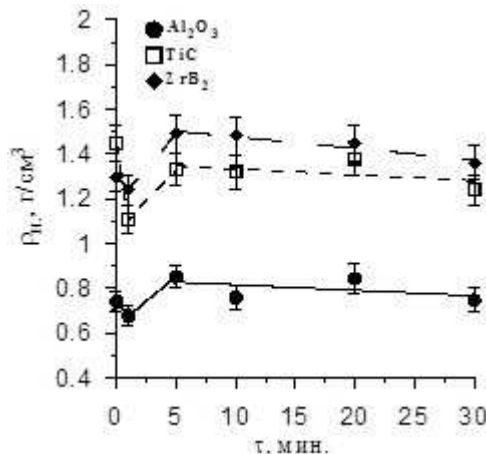


Рис.3. Зависимость насыпной плотности от продолжительности механической обработки

На процесс механической обработки материала существенное влияние оказывает характер механического воздействия, который определяется типом мельницы. В рамках данной работы это проиллюстрировано на примере порошка Al_2O_3 . МО порошка осуществлялась в барабанной мельнице.

Анализ данных, полученных при сопоставлении результатов после различных видов механической обработки на примере порошка Al_2O_3 показал, что после МО порошка Al_2O_3 наблюдалось практически полное разрушение крупных агрегатов, составляющих исходный порошок. Согласно распределению частиц по размерам в порошке присутствовали частицы трех фракций. Средний размер частиц в порошке составлял ≈ 12 мкм, при этом в порошке присутствовали частицы, размер которых достигал ≈ 30 мкм, а также мелкие частицы со средним размером 3 мкм.

Несмотря на изменение гранулометрического состава (многофракционность) порошка Al_2O_3 после МО величина его удельной поверхности при увеличении продолжительности МО порошка до 40 часов увеличилась от 46 до 50 m^2/g , дальнейшее увеличение продолжительности механической обработки до 100 часов практически не оказало влияния на величину удельной поверхности порошка. Наблюдаемое незначительное увеличение удельной поверхности, вероятно, обусловлено рыхлой пористой структурой агрегатов, составляющих порошок Al_2O_3 . При этом такая же величина удельной поверхности (50 m^2/g) достигалась после высокоэнергетической МО в течение 1 минуты.

Установлено, что увеличение продолжительности механической обработки до 65 часов привело к росту насыпной плотности от 0,6 до 0,8 $г/см^3$, при этом дальнейшее увеличение продолжительности обработки порошка в барабанной мельнице до 100 часов практически не оказало влияния на величину насыпной плотности. В случае увеличения продолжительности высокоэнергетической механической обработки порошка Al_2O_3 до 5 минут привело к росту насыпной плотности от 0,7 до 0,9 $г/см^3$.

Работа выполнена в рамках соглашения с Минобрнауки 14.575.21.0040 (RFMEFI57514X0040).