

## Отработка технологической схемы получения керамических образцов из продукта химического диспергирования сплава АК-12

Трифонов Ю.Г.<sup>1,†</sup>, Омаров А.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный индустриальный университет, ул. Автозаводская 16, 115280 Москва

<sup>†</sup>xrikx@mail.ru

## Improvement of the technological scheme of receiving ceramic samples from a product of chemical dispergating of alloy AK-12

Trifonov Yu.G.<sup>1</sup>, Omarov A.Yu.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Moscow state industrial university, Autozavodskaya St. 16, 115280 Moscow

Описана технологическая схема получения керамических образцов из продукта, образуемого в результате химического диспергирования в щелочной среде сплава АК-12. Приведены и рассмотрены основные этапы технологического процесса и объяснен выбор конкретного параметра для каждого этапа.

**Ключевые слова:** Химическое диспергирование, алюмооксидная керамика, оксид алюминия, технологическая схема получения керамики, отработка технологической схемы.

The technological scheme of receiving ceramic samples from a product formed as a result of chemical dispergating in the alkaline environment of an alloy of AK-12 is described. The main stages of technological process are provided and considered and the choice of concrete parameter for each stage is explained.

**Keywords:** Chemical dispergating, aluomooksidny ceramics, aluminum oxide, technological scheme of receiving ceramics, working off of the technological scheme.

В рамках научно-исследовательских работ, проводимых в Московском государственном индустриальном университете, установлено, что в результате протекающей в генераторе водорода реакции химического диспергирования между алюминиевым сплавом и щёлочью, происходит образование ценного осадка. Данный осадок представляет собой высококачественный нанодисперсный порошок оксида алюминия и прекрасно подходит для изготовления технических керамик. Проведенные ранее исследования показали, что получаемые из данного порошка керамики обладают высокими значениями механических свойств и во многом превосходят традиционные керамики. [1-2] Обнаруженный эффект весьма важен как для отрасли, так и для промышленности в целом. Очень часто лишь керамические материалы способны работать в агрессивных средах при повышенных температурах, но до некоторых пор применение керамик было сильно ограничено низкими показателями механических свойств.

Целью настоящей работы является отработка технологии получения керамики на основе оксида алюминия с использованием метода химического диспергирования сплава АК – 12.

Предметом изучения являлись призматические образцы, изготовленные из осадка, получаемого в результате химического диспергирования сплава АК -12. Образцы изучались методом визуальной и качественной оценки их состояния после проведения каждой соответствующей технологической операции.

Была изготовлена опытная партия призматических образцов, высота которых составляла 5 мм, ширина – 7 мм, длина – 55мм. Для отработки каждой технологической операции использовалось 30 образцов.

Диспергирование сплава проходило в растворе щёлочи NaOH. Для получения каждого образца применялась технологическая схема, являющаяся общепринятой для традиционной керамической технологии. Данная схема приведена на рисунке 1.

Существенное отличие данной схемы от традиционной, лишь в том, что на стадии № 1 для химического диспергирования сплава необходимо было использовать генератор водорода. Этот генератор подробно описан в работе [3].

Полученный осадок промывался методом декантации посредством пропускания через порошок обильного количества воды для отделения ионов Na, высушивался в сушильном шкафу при температуре 70°C в

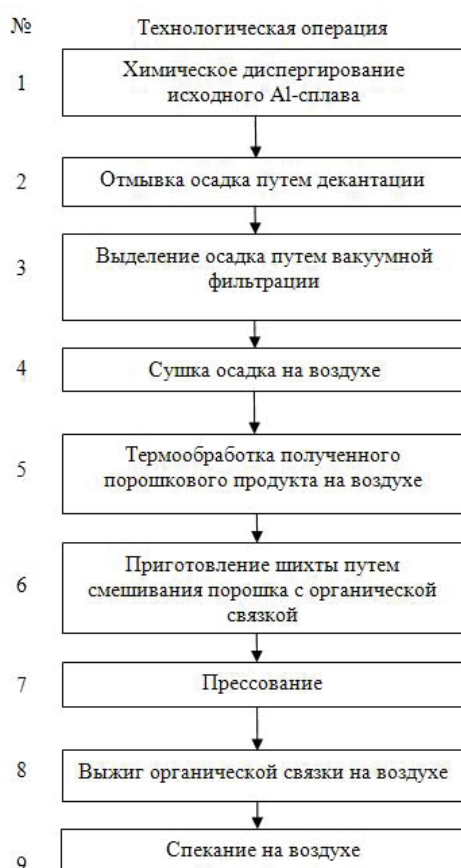


Рис. 1. Вид и последовательность технологических операций для получения керамических образцов.

течении суток и был термообработан на воздухе при температуре 1350°C с целью синтеза оксидной фазы. Использование более высокой температуры термообработки приводило к спеканию порошка. Низкая температура сушки обусловлена вероятностью преждевременного образования в структуре порошка новых фаз. Показателем правильного завершения процесса высушивания является получение сыпучего порошка, а не спеченных агломератов. Для приготовления шихты в порошок вводилась временная органическая связка. В качестве данной связки был применен 10% раствор поливинилового спирта в воде.

Процентное содержание подбиралось экспериментально. Для достижения наилучшего обволакивания каждой частицы связкой необходимо было подобрать такую вязкость раствора поливинилового спирта, чтобы без излишнего его введения в шихту удавалось получить равномерно увлажненную однородную массу. При использовании 5%, 15% и 20% раствора такого эффекта добиться не удалось. Количество раствора, вводимое в шихту, также необходимо было подобрать опытным путем.

Получаемые призматические образцы оценивались по внешнему виду и визуально определялось количество дефектов. Таким образом, удалось установить, что оптимальным количеством раствора поливинилового спирта в шихте является 9% масс. При меньшем количестве после прессовки наблюдалось расслоение из-за недостаточного количества пластификатора, при большем количестве образец терял прочность и рассыпался в руках на влажные агломераты.

Подготовленную описанным выше образом и высушенную в сушильном шкафу при 350°C шихту использовали для прессования образцов. Количество порошка для образца подбиралось в зависимости от давления прессования для достижения заданных линейных размеров и варьировалось в целом от 5 до 8 граммов. Необходимо было получить образец длиной 55 мм, высотой 5 мм и шириной 7 мм.

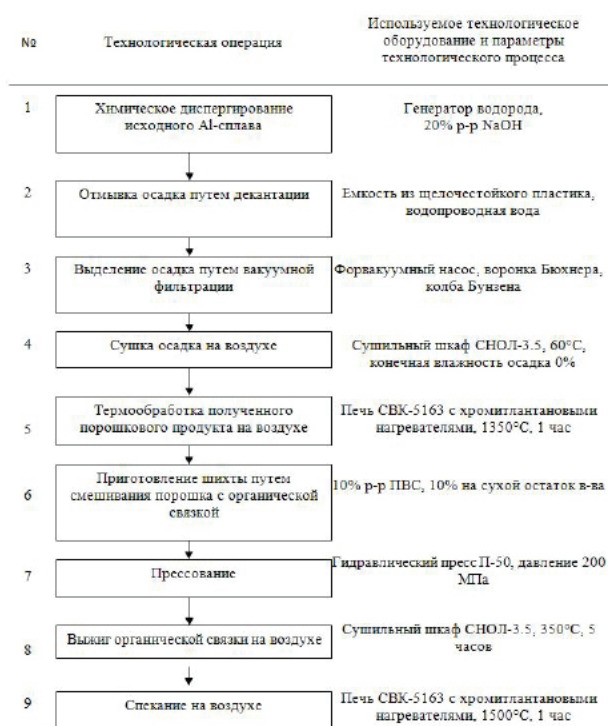
Прессование образцов проводили в стальной пресс-форме на прессе П-50, применяемое давление прессования – 200 МПа позволяло получать прочный сырец, который не разрушался. При применении меньшего давления прессования добиться получения прочного сырца не удавалось. Образец разрушался путем выкрашивания или растрескивания сразу после извлечения из формы или при последующих технологических действиях. Были проверены давления прессования 50 МПа, 100 МПа, 150 МПа.

Выжигание органической связки проводили на воздухе при температуре 350°C, время изотермической выдержки составило 5 часов. Время и температура подбирались таким образом, чтобы процесс не затягивался на длительный период, но при этом испаряющаяся связка не разрушила хрупкий сырец. Увеличение температуры до 400 °C приводило к разрушению образца. Ниже 350°C разогревать сушильный шкаф было неэффективно, поскольку процесс значительно увеличивался по продолжительности даже при 300°C. Важно обратить внимание

Таблица 1.

Изучение экспериментальных параметров.

Показатель	Пояснение
<b>Температура сушки осадка, °C</b>	<b>Комментарий</b>
50	Процесс протекает длительное время
60	Процесс протекает длительное время
70	Оптимальная температура для процесса, образования агломератов не наблюдается
80	Образование спеченных агломератов
100	Образование весьма плотных спеченных агломератов
<b>Термообработка порошка на воздухе, температура, °C</b>	<b>Комментарий</b>
1300	Процесс образования оксидной фазы не проходит не полностью
1350	Оптимальная температура
1400	Образуется плотное спеченное тело
<b>Выбор процентного содержания ПВС, % ПВС в растворе</b>	<b>Комментарий</b>
5	Раствор слишком жидкий для формирования шихты
10	Раствор оптимальной консистенции, равномерно увлажняет всю массу порошка
15	Требуется значительно большее введение раствора для увлажнения всей массы
20	Раствор по консистенции близок к вязкому
<b>Содержание ПВС в шихте, %</b>	<b>Комментарий</b>
5	Не полностью увлажненная масса
10	Оптимальная консистенция (в статье приведено значение 9%, поскольку при пересчете масс вышло именно 9%)
15	Слишком увлажненная масса
<b>Давление прессования, МПа</b>	<b>Комментарий</b>
50	Наличие дефектов, сырец не плотный, растрескивание образца
100	Образование в сырье продольных расслоений
200	Оптимальная величина
<b>Температура выжига органической связки, °C</b>	<b>Комментарий</b>
100	Процесс практически не протекает
200	Процесс практически не протекает
300	Выжиг связки происходит
350	Оптимальная температура обработки, при условии выдержки образцов в течение 1 часа при температуре 200°C, в случае отсутствия выдержки образуются трещины
400	Образуются дефекты – трещины и расслоения вне зависимости от предварительной выдержки



**Рисунок 2.** Вид и последовательность технологических операций для получения керамики из продуктов химического диспергирования сплава АК-12.

и на скорость нагрева – при увеличении скорости нагрева, при температуре обработки 350°C образец также разрушался. Нормальным временем выхода на рабочую температуру был показатель 5 часов. Критерием полноты удаления органической связки из сырца является равенство потери его массы (после термообработки) ее исходному содержанию в сырце (в % масс). В данном случае, в первую очередь обращали внимание на вид образцов. До тех пор, пока образец не изменил цвет на исходный, проводился процесс выжига. Изменение цвета на исходный подразумевает, что все компоненты органической связки выгорели из образца. Именно в этот момент было рационально проводить взвешивание для оценки полноты выхода связки.

Спекание образцов проводилось на воздухе при температуре 1500°C в течение 1 часа. Указанные температурно-временные параметры процесса спекания позволяли обеспечивать достаточную прочность для получаемой керамики. Температура была выбрана по принципу, традиционному для всех порошковых материалов (0,8-0,9 температуры плавления). В продолжении работы будут

изучены свойства керамики при температурах спекания выше 1500°C. На данном этапе этот показатель был ограничен отсутствием необходимого оборудования.

Перечень всех изменяемых в процессе проведения экспериментов параметров кратко описан в таблице 1.

Отработанная схема получения керамических образцов приведена на рисунке 2.

В результате изготовления керамических образцов из продуктов диспергирования сплава АК-12 в соответствии с предложенной технологической схемой удалось добиться получения качественных образцов, пригодных для дальнейших механических испытаний. При продолжении работы, вероятно, некоторые части схемы могут быть изменены для достижения необходимого параметра исследуемого показателя. Например, увеличение температуры спекания образцов вероятнее всего, приведет к увеличению их плотности и прочности.

*Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного контракта № 16.552.11.7082 и на оборудовании ЦКП «Научные технологии в машиностроении»*

## Литература

1. A.D.Shliapin, A.Yu.Omarov, *Novye ognepory, Izuchenie poroshkov gidrooksida alumina, poluchennyh metodom himicheskogo dispergirovaniya alyumina i ego splavov*. 10 (2012) (in Russian) [Шляпин А.Д., Омаров А.Ю., Хайри А.Х., Трифонов Ю.Г. Новые огнеупоры. Изучение порошков гидроксида алюминия, полученных методом химического диспергирования алюминия и его сплава. 10 (2012)].
2. A.D.Shliapin, V.V. Rybalchenko, D.A. Ivanov, A.H.Hairi, A.Yu. Omarov. *Mashinostroenie i inzhenernoe obrazovanie. Fiziko-mekhanicheskie svoistva novogo keramicheskogo materiala*. 4(2012) (In Russian) [А.Д. Шляпин, В.В. Рыбальченко, Д.А. Иванов, А.Х. Хайри, А.Ю. Омаров. Машиностроение и инженерное образование. Физико-механические свойства нового керамического материала. 4 (2011)].
3. V.V. Kozlyakov, N.P.Stukalova, A.Yu.Omarov. *Izvestia MGU. Sposoby polucheniya vodoroda kak topliva dlya avtomobilei*. 4 (2009) (in Russian) [В. В. Козляков, Н. П. Стукалова, А. Ю. Омаров, Известия МГУ. Способы получения водорода как топлива для автомобилей. 4 (2009)].