



УДК 672.9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛУЧЕНИЯ ГОМОГЕННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS OBTAINING HOMOGENEOUS MIXTURES FOR SOLID-STATE COMPONENTS

Юсубов Фикрет Фахраддин

аспирант,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
fikratyusub@gmail.com

Аннотация. Данное исследование посвящено получению гибридных композитов на основе порошковой металлургии. В ходе экспериментов были определены оптимальные параметры механического легирования для получения однородной смеси с использованием: Fe, S, Fe₂O₃, Al и Al₂O₃.

Ключевые слова: порошковая металлургия, механическое легирование, смешивание, измельчение, однородность.

Yusubov Fikrat Fakhraddin

PhD student,
Azerbaijan State Oil and Industry University
fikratyusub@gmail.com

Annotation. This research is devoted to obtaining hybrid composites based on metallurgical method. The materials Fe, S, Fe₂O₃, Al, and Al₂O₃ were used for the experiments, and the optimal parameters of mechanical alloying were determined to obtain a homogeneous mixtures.

Keywords: powder metallurgy, mechanical alloying, mixing, grinding, homogeneity.

Большинство сплавов в промышленности получают путем плавления или литья. Для получения однородного сплава, после совместного нагревания компонентов, полученный сплав выливают в подходящую пресс-форму и затем этот процесс завершается затвердеванием. Однако этот метод сложен в использовании для получения прочных сплавов. Материалы, включенные в систему сплава, имеют широкий диапазон растворимости и давления пара, но иногда компоненты не взаимосмешиваются. Кроме того, трудно готовить методом литья и плавления интерметаллические фазы сплавов, поскольку эти фазы часто формируются перитетическими реакциями при низких температурах, что не позволяет правильно завершить процесс.

Для таких сложных систем метод порошковой металлургии считается более подходящим [1]. Хотя сама порошковая металлургия имеет ряд ограничений, этот недостаток показывает не только приобретение соответствующей химической связи, но также дисперсию частиц второй фазы и пропорциональное распределение в металлической матрице. Ограничение традиционного метода порошковой металлургии проявляется себя в требованиях к микроструктуре сплавов, армированных окисленными дисперсиями. Тем не менее, можно устранить эти ограничения с помощью специальных методов.

Благодаря порошковой металлургии, изготовленные по технологии механического легирования, порошковые материалы синтезируются прессованием в холодных или горячих формах после смешивания с различными смазочными или несмазочными материалами и стальными измельченными шариками [2]. Этот метод позволяет получить смешиваемый или несмешиваемый друг в друге, металл-металл, металл-неметалл и другие комбинации [3].

Хотя измельчение мельницей больше не является новым методом, недавние исследования показали, что во время измельчения и механического смешивания происходит ряд различных химических процессов. В результате этих процессов, в результате взаимосвязи между различными материалами, образуются сплавы с новыми, различными характеристиками, которые не могут быть достигнуты традиционными методами. В связи с упомянутыми причинами метод механического легирования стал предпочтительным в наших исследованиях.

Исследуемые материалы были первоначально высушены. Компоненты после процесса сушки в течение 1 часа при температуре 100 °C в печи марки «Снол», для измельчения, максимального достижения идентичности размеров частиц порошка а так же придания формы, были подвергнуты дроблению лабораторной вибрационной мельницей МЛ-1, которая была установлена и работала по принципу вибрации. Измельчения были проведены в цилиндрическом контейнере из материала нержавеющей стали, с использованием стальных шариков диаметром 3, 6 и 12 мм (рис. 1).

Соотношение массы шариков к порошку составляет 10 : 1. Процесс измельчения проводился различными этапами. Результаты зависимости процесса измельчения от продолжительности, приведены в таблице 1.

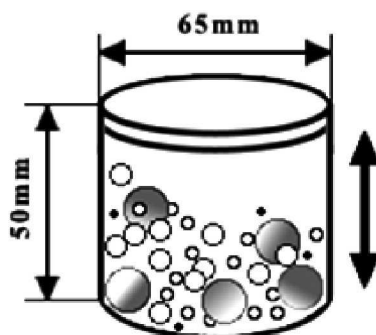


Рисунок 1 – Схема измельчения порошков в цилиндрическом контейнере

Таблица 1 – Различные параметры измельчения порошка

Диаметр шариков (мм)	Размеры частиц (~ мкм)	
	2 часа	6 часа
3 (20 шт.)	5	10
6 (12 шт.)	25	55
12 (6 шт.)	35	90

Составные компоненты после предварительного измельчения в мельнице, подверглись анализу. Анализы показали, что, при совместном дроблении частиц различных форм и размеров уровень измельчения характеризуется неравномерностью. Среди выбранных материалов медь-графит имеет более крупные частицы, по этой причине измельчение не дало желаемого результата.

По этой причине крупноразмерные частицы для начала отдельно подвергаются измельчению шариками соответствующего размера и после достижения приблизительного единичного уровня измельчения, повторно измельчаются повторно вместе. На рисунке 2 представлены изображения одинарного и разноразмерного измельчения, которые были сняты с помощью оптического микроскопа AmScope.

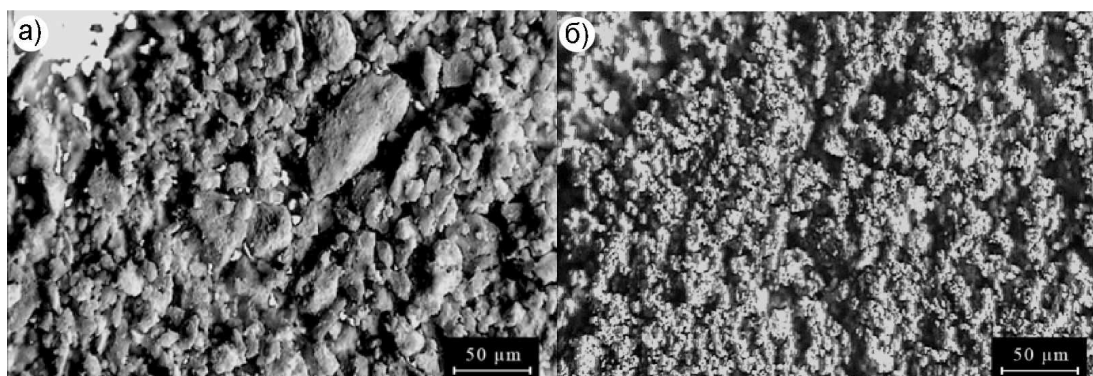


Рисунок 2 – Изображения измельченных разноразмерных (а) и одинарных (б) компонентов

В то же время эксперименты показали, что, хотя стальные шарики меньшего диаметра более эффективны для измельчения мелких частиц, шарики большого диаметра более подходят для измельчения частиц большего размера.

Когда крупные металлические частицы все еще хрупки на начальных стадиях измельчения, их сочетание с более крупными частицами является доминирующей закономерностью. В течение процесса, в результате холодной обработки увеличение прочности частиц, снижает их устойчивость к деформации без разлома. Через определенное время, после слияния с крупными частицами и сбалансирования тенденции сопротивления деформации, размеры частиц в пределах короткого времени стабилизируются. В такой последовательности завершаются основные этапы измельчения и в общем, большинство частиц характеризуется однородностью. Во время экспериментов поверхность стальных шариков покрываются слоем порошковых частиц, что предотвращает истирание поверхностей. Однако в зависимости от порошкообразных элементов эффект влияния на шарики может быть различным. Во время исследования в конце процесса измельчения наблюдалось истирание на поверхности шарика (рис. 3).



Рисунок 3 – Истирание стальных шариков (12 мм) в процессе химических воздействий

Потеря массы в шарике можно объяснить двумя причинами:

1. В результате трения, механического воздействия на стенки контейнера и поверхность шарика.
2. Химическое взаимодействие ингредиентов и контактных материалов.

Как видно из рисунка 3 шарики 4, 5, 6 подвергались истиранию. Для определения характера истирания, масса шариков измерялась на электронных весах, результаты которого приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменения в массе стальных шариков в результате истирания

Диаметр шариков	Масса до опытов	Масса после опытов
3мм	5,02г	3,74г
6мм	11,01г	10,92г
12мм	21,71г	20,83г

Чтобы устранить вышеупомянутый химический эффект, перед экспериментом контейнер и шарики были смазаны диспергирующим агентом этанолом. Эта мера показала, что коррозия происходит только при химическом взаимодействии его компонентов. В безэтанольной сухой среде, эксперименты измельчения различных элементов показали что, механическое воздействие несущественно, а химическое истирание происходит по причине присутвия серы. В зависимости от твердости частиц, только после множества операцийнаблюдалось уменьшение в массе шариков (табл. 3).

Таблица 3 – Изменения в потере массы стальных шариков в результате механических воздействия

Диметр шариков	Первоначальная масса	Масса после экспериментов	
		(в течение 1 часа)	(в течение < 24 часов)
3 мм	5,02 г	5,02 г	5,00 г
6 мм	11,01 г	11,01 г	10,94 г
12 мм	21,71 г	21,70 г	21,13 г

В результате влияния вибрации в лабораторной мельнице хаотическое движение стальных шариков помимо дробления порошка, также создает возможность смешивания элементов. Однако наблюдения с помощью оптической микроскопии показали, что это смешивание не является удовлетворительным. По этой причине измельченные порошки повторно подверглись механическомусмешиванию по механизму приведенному на рисунке 4.

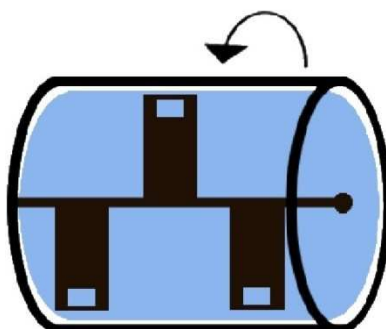


Рисунок 4 – Схема механического смешивания



Для смешивания было использовано устройство с размером барабана $d = 50$ мм, $l = 90$ мм, а электродвигатель – 2700 об./мин. Для легкости очистки материала барабана и безопасности, в случае химического воздействия, был выбран цилиндрический пластиковый контейнер. Для регулирования количества оборотов использовался лабораторный трансформатор.

Зависимость между дроблением и истиранием в мельнице определяется соотношением между диаметром барабана (d) и длиной (l) [4]. Если выполняется условие $l/d > 3$ объект измельчается, что считается эффективным при измельчении твердых или хрупких материалов. Если же выполняется условие $l/d \leq 3$, это будет означать, что будет наблюдаться истирание. Это, в свою очередь означает более эффективное измельчение пластиковых металлов. В нашей исследовательской работе образцы были измельчены в вибрационной мельнице, размеры барабана которого были выбраны в соответствии со вторым условием.

Чтобы определить влияние фактора скорости на эффективность смешивания, смесь смешивали и анализировали в два этапа (2 и 4 часа) при скоростях 20, 60 и 240 об./мин (таб. 4). Проведение экспериментов с применением различных скоростей помогло определить различные характеристики формирования фазы в зависимости от интенсивности смешивания.

Таблица 4 – Зависимость процента смешивания от скорости и времени

Число оборотов, об./мин	Приблизительное количество смешивания, %	
	4 часа	8 часа
20	10–20	20–40
60	50–60	80–90
240	40–50	40–50

Как видно из таблицы 4 среди проведенных экспериментов на разных скоростях перемешивания, скорость 60 об./мин и время 8 часов дало более эффективный результат. Несмотря на то, что на начальных этапах скорость перемешивания продолжала резко возрастать, со временем ее интенсивность снижалась, и после 8 часов уровень перемешивания составляла всего 1–2 %. После этого предела процесс был остановлен, поскольку продолжение операции не дало никакого результата.

Литература:

1. Sherif El-Eskandarany M. Mechanical Alloying: Nanotechnology, Materials Science and Powder Metallurgy. – Elsevier, 2015. – 2nd edition. – 348 p.
2. Ahmed Nassef, W.H. El-Garaihy, Medhat El-Hadek. Characteristics of Cold and Hot Pressed Iron Aluminum Powder Metallurgical Alloys // Metals. – MDPI, 2017. – Vol. 7 (5):170. – P. 1–12.
3. Thakur Prasad Yadav, Ram Manohar Yadav, Dinesh Pratap Singh. Mechanical Milling: a Top Down Approach for the Synthesis of Nanomaterials and Nanocomposites // Nanoscience and Nanotechnology. – Scientific & Academic Publishing, 2012. – Vol. 2 (3). – P. 22–48.
4. Гиршов В.Л., Котов С.А., Цемченко В.Н. Современные технологии в порошковой металлургии. – Издательство Политехнического университета, 2010. – 384 с.

References:

1. Sherif El-Eskandarany M. Mechanical Alloying: Nanotechnology, Materials Science and Powder Metallurgy. – Elsevier, 2015. – 2nd edition. – 348 p.
2. Ahmed Nassef, W.H. El-Garaihy, Medhat El-Hadek. Characteristics of Cold and Hot Pressed Iron Aluminum Powder Metallurgical Alloys // Metals. – MDPI, 2017. – Vol. 7 (5):170. – P. 1–12.
3. Thakur Prasad Yadav, Ram Manohar Yadav, Dinesh Pratap Singh. Mechanical Milling: a Top Down Approach for the Synthesis of Nanomaterials and Nanocomposites // Nanoscience and Nanotechnology. – Scientific & Academic Publishing, 2012. – Vol. 2 (3). – P. 22–48.
4. Girshov B.L., Kotov S.A., Tsemenko V.N. Modern technologies in powder metallurgy. – Publishinghouse of the Polytechnic University, 2010. – 384 p.