

# РАЗРАБОТКА ПОРОШКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРГИРОВАННЫХ ОТХОДОВ ТВЕРДОГО СПЛАВА И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СТРУКТУРО- И ФАЗООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ИХ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ МЕХАНИЧЕСКОМ ДИСПЕРГИРОВАНИИ

И. М. Крижевский, М. Д. Яньшин

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Беларусь*

Научные руководители: М. Н. Верещагин, И. В. Агунович

**Введение.** На многих предприятиях, в силу ограниченности Республики Беларусь сырьевыми ресурсами, требуются существенные валютные затраты на закупку готового инструмента или дорогостоящего импортного сырья (порошков твердых сплавов), для создания инструмента (например на БМЗ – для изготовления фильер). В этой связи целесообразно создание альтернативного отечественного сырья – порошковых смесей, наименее дорогостоящих, с целью импортозамещения. Перспективным является разработка технологии изготовления таких порошковых смесей из отходов металлургических и машиностроительных производств.

**Методика исследований.** Исходным материалом для исследований служили отходы стружки, образующейся при восстановлении рабочих поверхностей прокатных валов и роликов на ОАО «Белорусский металлургический завод». Элементный состав исходного материала соответствует сплаву ВК6. Стружку твердого сплава измельчали в планетарной мельнице фирмы «Fritch», с попарно расположенными стаканами, при следующих технологических режимах: рабочий объем мельницы 0,55 л, число оборотов  $n = 200$  об/мин. Мелющими телами служили шарики из стали ШХ15 диаметром 20 и 24 мм. Коэффициенты заполнения рабочего объема измельчающим материалом и размольными телами соответственно составляли 57 и 49 %. Коэффициенты заполнения рабочего объема размольными телами 15 и 20 %, а коэффициенты заполнения рабочего объема измельчающим материалом 42 и 29 % соответственно на начальном этапе. Процесс измельчения протекал в течение 45 мин. Контроль и рассев по фракциям на лабораторном наборе сит проводился через 5, 10, 15, 25, 30, 35, 45 мин. Оценка гранулометрического состава материала до и после атриторного диспергирования проводилась при помощи сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega II LSH и металлографического микроскопа «МЕТАМ РВ-22». Для исследования зависимости гранулометрического состава от времени размола и типа лент, после определенной продолжительности процесса из планетарной мельницы брали пробу и методом случайных секущих определяли гранулометрический состав, средний размер и удельную поверхность частиц порошка.

**Результаты исследований.** Микроструктура стружки перед диспергированием приведена на рис. 1, где четко видны скопления карбида вольфрама в кобальтовой связке, неправильной формы, равномерно распределенные по объему стружки,

а также незначительные дефекты в виде трещин, связанные с особенностями механической обработки при ее получении. Размеры отдельных карбидных включений достигают 10 мкм, при их средней величине 6–8 мкм. Размеры же зерен кобальтовой связки составляют порядка 0,2–1 мкм. Структура полученного порошка твердого сплава после 45 мин размолла шарами диаметром 20 мм представлена на рис. 2. Форма частиц при помоле – осколочная, частично – сфероидальная. Если при последующем спекании полученный материал сохранит данную размерность зерна, структуру можно будет отнести к мелкозернистой (сплав ВК6М), что значительно повысит износостойкость полученного материала без существенного снижения его прочности по сравнению со спеченным материалом из крупнозернистого порошка, полученного в обычных шаровых мельницах.

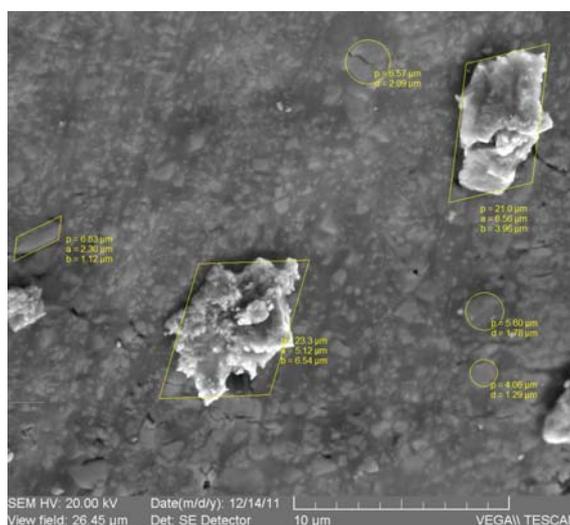


Рис. 1. Микроструктура стружки перед диспергированием

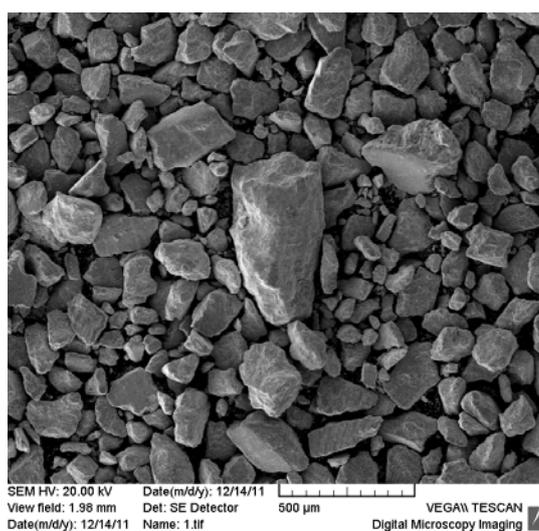


Рис. 2. Структура порошка после размолла в течение 45 мин

Исследования показали, что структура порошка (а именно размер и форма частиц), существенно зависят от времени размолла, диаметра и количества размольных

шаров. На интенсивность размолла оказывает влияние соотношение объемов размольных тел и порошка. Установлено, что наиболее оптимальным для получения мелкозернистой структуры является сочетание шаров меньшего диаметра с шарами большего диаметра. Шары большего диаметра, обладая большей кинетической энергией, обладают и большей энергией удара, а шары меньшего диаметра обеспечивают большее количество точек соприкосновения, что в свою очередь также способствует измельчению, улучшает качество измельчения.

На рис. 3 показана кинетика измельчения стружки шарами диаметром 20 мм. Для начала хрупкого разрушения металлов необходимо затратить некоторое количество энергии, расходуемой на пластическую и упругую деформации. Из кинетической кривой следует, что начальный период отмечается повышением его кривой интенсивности измельчения, которая достигает максимума в момент, когда все или большинство частиц порошка делаются упругими вследствие их наклепа, после чего становится возможным хрупкое разрушение. Размол на начальном этапе происходит более интенсивно, при дальнейшем измельчении скорость размолла уменьшается, это, по всей видимости, связано с приданием частицам порошка сферообразной формы и их наклепом.

При измельчении шарами большего размера (24 мм) наблюдается существенное увеличение более мелкой фракции порошка при одном и том же времени измельчения. При этом изменения в форме зерна обнаружено не было. Скорость измельчения шарами диаметром 24 мм на начальном этапе примерно в два раза выше скорости измельчения шарами диаметром 20 мм.

Это обуславливается тем, что шары диаметром 24 мм обладают большей энергией удара, так как их масса примерно в 1,7 раз выше массы шаров диаметром 20 мм. А также тем, что на начальном этапе преобладает ударный механизм размолла. На интенсивность размолла также оказывает влияние соотношение объемов размольных тел и порошка.

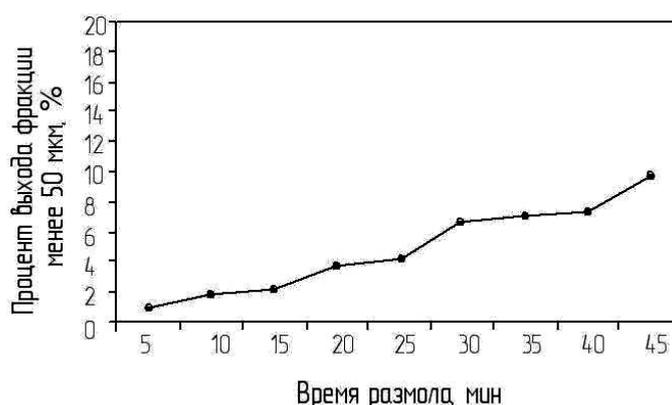


Рис. 3. Кинетика измельчения стружки шарами диаметром 20 мм в планетарной мельнице

При размолле шарами диаметром 20 мм соотношение составляло 1 : 2,6. При размолле шарами диаметром 24 мм соотношение составляло 1 : 1,5. Вероятно, при меньшем количестве шаров повышается их кинетическая энергия вследствие увеличения траектории, но снижается интенсивность ударов частицам порошка.

## 100 Секция II. Материаловедение и технология обработки материалов

В свою очередь при большом содержании шаров (более 50–60 %) в результате сокращения пути движения, значительно уменьшается их кинетическая энергия, и размол в основном происходит за счет истирания частиц стружки между размольными телами. Поскольку частицы стружки обладают достаточно высокими механическими характеристиками, то оптимальным является сочетание истирающего и ударного механизмов разрушения. На эффективность измельчения влияет также диаметр шаров, от которого зависят количество и интенсивность ударов в единицу времени, а также число точек соприкосновения между мелющими телами. С увеличением диаметра шаров количество точек контакта уменьшается, также снижается и намол железа.

**Заключение.** Установлено, что оптимальным с точки зрения получения металлических порошков с размером менее 50 мкм является размол при оптимальных технологических режимах, в результате применения которых значительно повышается эффективность размола. Оптимальными режимами размола являются частота вращения  $n = 200$  об/мин, заполнение шарами рабочего объема 55 %, соотношение масс размольных тел и порошка 1 : 1,5. Основными факторами, влияющими на размол стружки, являются заполнение рабочего объема шарами, и соотношение масс шаров и загружаемой ленты.

### Л и т е р а т у р а

1. Асатурян, В. И. Теория планирования эксперимента / В. И. Асатурян. – М. : Радио и связь, 1983. – 248 с.
2. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / В. А. Анциферов [и др.]. – М. : Металлургия, 1987. – 792 с.