

УДК 620.3

## ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

С. В. ГРАНЬКО, А. В. КОРОТКЕВИЧ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
Минск, Беларусь

Шаровая мельница – это устройство, предназначенное для тонкого, мокрого и сухого измельчения твердых материалов, широко применяющееся в горнорудной, химической, пищевой промышленности, а также для наноструктурирования различных материалов [1]. В результате использования шаровой мельницы получается требуемая степень измельчения материала, а при наноструктурировании – статистическое распределение частиц по линейным размерам, которое оценивается по результатам исследования методом растровой электронной микроскопии.

Факторами, влияющими на процесс механического наноструктурирования, являются физические свойства измельчаемого материала, диаметр, твердость и плотность мелющих тел – шаров, соотношение масс измельчаемого материала и шаров, частота вращения и время процесса. Процесс помола сложен для математического описания и моделирования, т. к. задействованы явления механики, реологии, трибологии и термодинамики наноструктур. Для ряда режимов возможны явления обратного характера – спекание наночастиц в более крупные конгломераты под действием температуры.

Несмотря на то, что температура шаров в процессе механического наноструктурирования является важным фактором, влияющим на результат, ее прямой контроль невозможен.

В рамках данной работы предложен косвенный метод контроля с помощью тестовых объектов, которые представляют собой шары с отверстиями, наполненными материалами с известной температурой плавления. На рис. 1 представлены стальные шары, использовавшиеся для наноструктурирования углерода на планетарной шаровой мельнице РМ 100, в качестве наполнителя использовались припой оловянно-свинцовые различных марок, т. к. данные материалы имеют различную температуру плавления (от 183 °С для ПОС-61 до 280 °С для ПОС-15). Суть применения данных объектов заключается в том, что при нагревании шаров до температуры плавления припоя припой будет оплаиваться из отверстия. По целости наполнителя в отверстии оценивается температура шаров.

Для изготовления тестовых объектов использованы стальные шары диаметром 4, 6, 8, 10 мм, сверление производилось на станке прецизионной лазерной резки МЛП1-2106, получены отверстия диаметрами от 2 до 5 мм и выполнены припоями оловянно-свинцовыми. Температурная калибровка проводилась с помощью камерной печи SNOL 58/350 LSN11, в результате установлена зависимость температуры оплавления от следующих факторов: марка припоя, время нахождения в камере печи, диаметр шаров и отверстий.

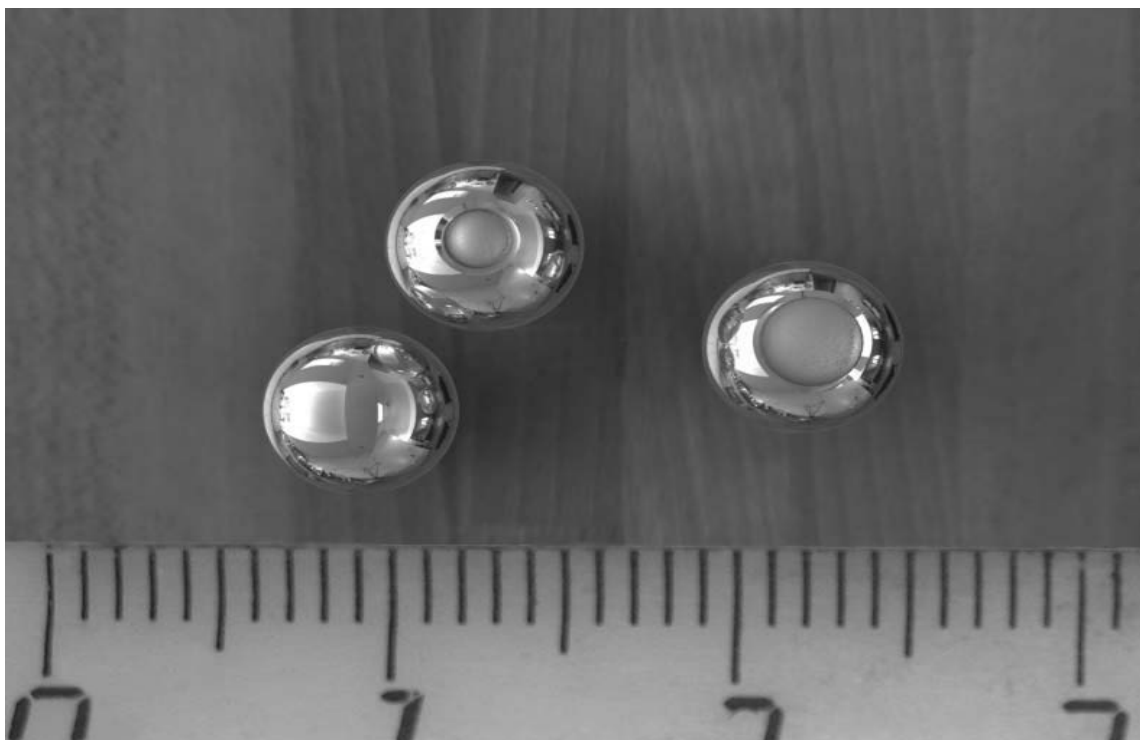


Рис. 1. Тестовые объекты для планетарной шаровой мельниц

Дальнейшее применение тестовых объектов позволило изучить и оптимизировать режимы работы планетарной шаровой мельницы РМ 100 при наноструктурировании углеродных материалов. Получены зависимости температуры шаров от частоты вращения, диаметра шаров, массового соотношения измельчаемого материала и шаров. Наилучшая воспроизводимость процесса оценки температуры установлена у объектов, диаметр отверстия которых равен половине диаметра шара.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балкин, А. Планетарные шаровые мельницы: измельчение до наноразмеров / А. Балкин // Наноиндустрия. – 2012. – № 2 (32). – С. 32–33.