

2. ГОСТ 9.301–86 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования.
3. ГОСТ 9.302–88 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы контроля.
4. ГОСТ 9.031–74 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия анодно-окисные полуфабрикатов из алюминия и его сплавов. Общие требования и методы контроля.
5. Low dielectric constant materials for microelectronics / К. Маех, М. R. Baklanov, D. Shamiryanyan, F. Iacopi, S. H. Brongersma, Z. S. Yanovitskaya // J. of Applied Physics. 2003. Vol. 93, № 11. P. 8793–8841.

УДК 615.454.1; 62.976

УСТАНОВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЦЕССА СВЕРХТОНКОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОЙ БИСЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

*К.Р. Грининг, Р.В. Гордейчук., канд. техн. наук, доцент О.О. Губеня,
Национальный университет пищевых технологий, Киев, Украина*

Резюме – было проведено экспериментальное исследование процесса сверхтонкого измельчения в лабораторной бисерной мельнице, цель которого – определить избыточный расход энергии процесса измельчения при условии охлаждения системы «бисер-продукт».

Проанализированы результаты исследования, определен расход избыточной энергии, а также рассчитана удельная энергия на протяжении всего времени эксперимента. Даны рекомендации касательно снижения избытка энергии в промышленных масштабах для термолабильных и дорогостоящих компонентов твердой фракции суспензии, сохраняя стандартные параметры процесса измельчения.

Ключевые слова: мельница, бисер, суспензия, измельчение, система, энергия, расход.

Введение. В процессе измельчения в бисерных мельницах мягких лекарственных средств, а также декоративной косметики, которые являются концентрированными дисперсными суспензиями, затрачивается энергия, которая включает в себя механическую энергию, которая передается от рабочего органа (вала с дисками) рабочим телам (бисеру), переходит в кинетическую энергию (энергию соударения рабочих тел), в следствии чего рабочие тела измельчают суспензию продукта, энергия, которая расходуется на перемешивание системы «бисер-продукт», энергия непосредственно измельчения твердой фракции суспензии продукта, а так же избыточная энергия, которая выделяется в виде тепла. Цель исследования – определить избыточный расход энергии процесса измельчения при условии охлаждения системы «бисер-продукт».

Основная часть. Материалы. Касторовое масло фармацевтическое - натуральный продукт, растительное масло из плодов клещевины обыкновенной, смесь глицеридов трех жирных кислот: касторолевой, линолевой и олеиновой. Прозрачная, густая и вязкая бесцветная или чуть желтоватого цвета жидкость. Свободно растворяется в этиловом спирте (95%). Практически нерастворима в воде и минеральных маслах. Стабильное вещество, а не прогоркнет, если не подвергается чрезмерному нагреванию. При охлаждении до 0° С сгущается. Динамическая вязкость при 20° С – 1000 мПа×с, при 40° С – 200 мПа×с. Температура кипения – 31° С, температура плавления - 12° С, температура замерзания -16° С, относительная плотность при 25° С - 955-968 кг/м³. В фармации чаще всего используется в кремах и мазях в концентрации 5-12,4% как составляющая вещество и растворитель для дерматологических мазей, спиртовых жидкостей, линиментов, мазей от обморожения) и в/м инъекций, а также как пластификатор при производстве таблеток и капсул. Входит в состав многих косметических средств т.к. процесс седиментации суспензии значительно замедляется. Кроме того, готовый продукт имеет пониженную плавкость без использования дополнительных стабилизирующих примесей.

Пигмент красный 120 железоокисный представляет собой дисперсную систему оксида железа (III) гексагональной структуры (гематит), порошкообразный материал красно-коричневого или темно-красного цвета. Пигмент не растворимый в воде и растительных маслах, светостойкий. Химическая формула Fe₂O₃. Влажность менее 1%. рН водной вытяжки 3,5-7. Насыпная плотность 1,0-1,1 г/см³. Плотность 5,0-5,1 г/см³. Форма частичек сферическая. Преобладающий размер частичек 0,11 μm (согласно спецификации производителя).

Методы. Были использованы следующие установки:

Бисерная мельница лабораторная. Оснащена тремя емкостями (стаканами) с рубашкой и пробоотборник на крышке стакана. Рабочий орган состоит из вала, на котором закреплены 4 направляющие диски с 4-мя симметрично расположенными отверстиями диаметром 1 см. Вал с дисками крепится к ротору двигателя через шпоночное соединение. Рабочие тела - стеклянный бисер диаметром 2 мм. Измельчение происходит мокрым способом (в присутствии растворителя) за счет взаимодействия бисера друг с другом, со стенками рабочей камеры и дисками на валу, который и приводит в движение всю систему. Двигатель работает под напряжением 380 В с силой тока 1,0 А с частотой оборотов ротора 1350 об/мин.

Электронный термометр ТРМ-10. Диапазон измерения температур от -50° С до +100° С. Дискретность измерения 0,1° С. Погрешность измерения max 2%. Установлено 2 датчика на вход и выход воды из рубашки рабочей камеры.

Бисерная мельница работала с охлаждением, показания приборов снимали на протяжении 62 минут. Масса продукта составляла 250 грамм (50 г пигмент и 200 г масла), а расход воды - 0,0083 кг/с.

Схема установки представлена на рис.1.

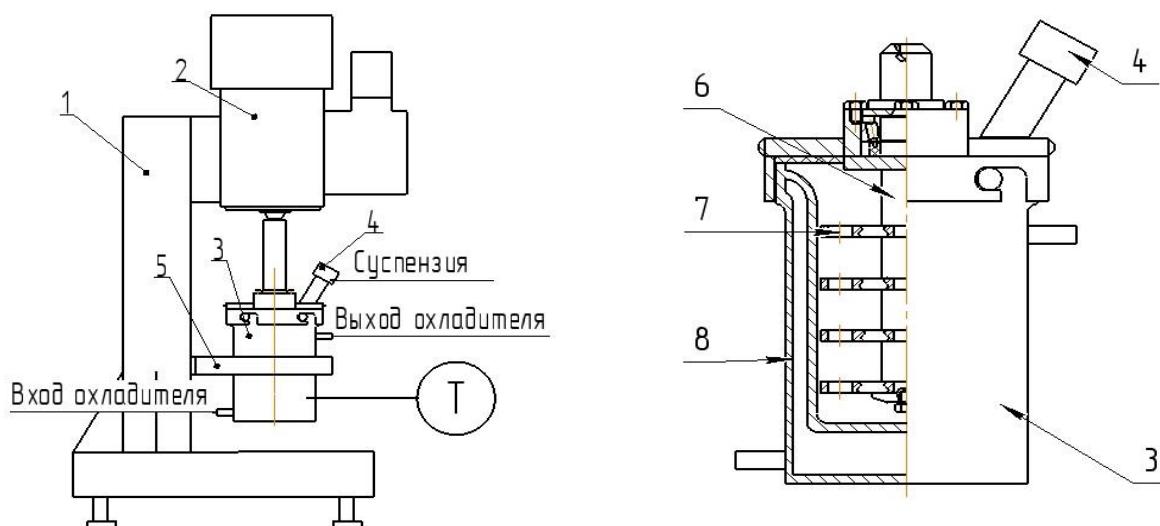


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки: 1 - станина; 2 - двигатель; 3 - рабочая камера; 4 - пробоотборник; 5 - зажим для стакана; 6 - вал; 7 - размольные диски; 8 - рубашка охлаждения. Т - измерение температуры термометром.

Результаты и обсуждение. В процессе сверхтонкого измельчения система «бисер-продукт» внутри рабочей камеры мельницы нагревается. Это избыток энергии, а также энергия от силы трения бисера друг об друга, об стенки камеры и рабочий орган, которые проявляется в виде тепла. Результаты исследования представлены на графике ниже.

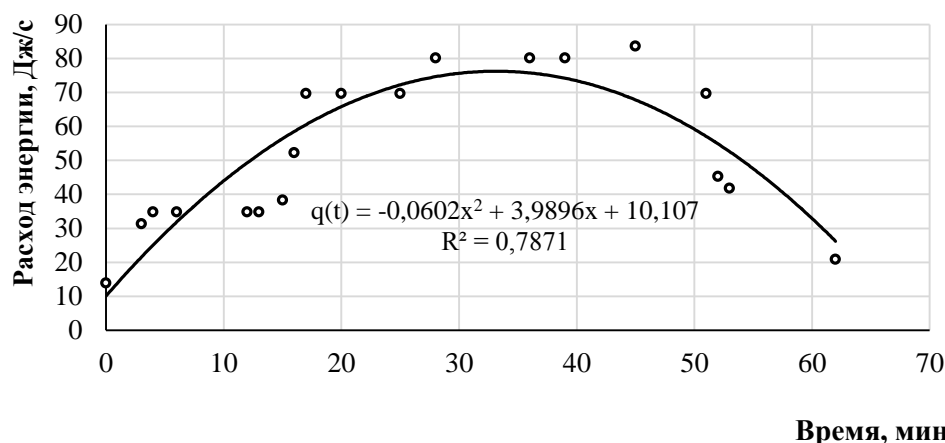


Рисунок 2 – Расход избыточной энергии в процессе эксперимента

В начале эксперимента температура, а значит и энергия, растет плавно, т.к. разрушатся первичные агломераты и большие частицы твердой фракции. Далее наблюдается возрастание в связи с увеличением площади новообразованной поверхности, увеличением вязкости системы и, соответственно, избыток энергии на измельчение, т.к. остались мелкие микротрещины на поверхности твердой частички, что значительно затрудняет сам процесс. В конце эксперимента расход энергии затухает, суспензия уже измельчена, и остается постоянная энергия, которая выделяется в процессе трения рабочих тел об стенки камеры и рабочих органов.

Удельная энергия всего эксперимента рассчитывалась по формуле (1):

$$\int_{t_0}^{t_k} q(t)dt \quad (1)$$

и численно равна $Q_{уд.} = 1,615 \times 10^3$ Дж, что достаточно маленький показатель, но даст возможность в дальнейшем более подробно и полнообъяснить зависимость процесса образования новой поверхности от затрачиваемой энергии.

Заключение. Было проведено экспериментальное исследование процесса сверхтонкого измельчения в лабораторной бисерной мельнице, в результате которого определен избыточный расход энергии, а также рассчитана удельная энергия на протяжении всего времени эксперимента с продуктом. Избыток энергии влияет на свойства суспензии, особенно в случае измельчения термолабильных и дорогостоящих компонентов твердой фракции продукта, что приведет к разрушению и потере его заданных свойств. Что бы снизить избыток энергии в промышленных масштабах, стоит охладить рабочую камеру более интенсивно при сохранении стандартных параметров процесса (скорость, время, концентрация твердой фракции, количества рабочих тел и т.д.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Hrininh K. Investigation the process of super fine grinding of component of pharmaceutical and cosmetic products on the bead mill / K. Hrininh, R. Hordeichuk, O. Gubenia // Proceedings of University of Ruse. – 2018. – Volume 57, Book 10.3.
2. Mende S., Rapl M. Mill performance matched to the task. Throughput enhanced by optimizing cooling and disc configuration // European Coatings Journal. – 2014. – № 12. pp. 88–91.
3. Postma P.R., Suarez-Garcia E., Safi C., Yonathan K., Oliveiri G., Barbosa M.J., Wijffels R.H., Eppink M.H.M. Energy efficient bead milling of microalgae: Effect of bead size on disintegration and release of proteins and carbohydrates // Bioresource Technology. – 2017. – Volume 224. – P. 670-679.
4. Кузнецова М.М., Мараховский М.Б., Алексина А.А. Определение энергозатрат процесса измельчения твердых материалов / М.М. Кузнецова, М.Б. Мараховский, А.А. Алексина // Журнал технической физики. – 2015. – Том 85. - № 5. – С. 145–147.
5. Кустова С.П., Бойко М.О. Розробка технології мазі Фенсуциналу // Сучасна фармацевтична технологія. – 2011. - №5 (16). – с. 71-74.

УДК. 621.891:621.793

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, МИКРОТВЕРДОСТЬ И ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОКРЫТИЙ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ СТАЛЕЙ

канд. техн. наук, доцент, О.В. Дьяченко, С.М. Криуша, ФММП БНТУ, г. Минск,

канд. техн. наук, доцент М.А. Кардаполова, ОНИЛ «Плазменные и лазерные технологии» БНТУ, г. Минск

Резюме - исследовано влияние режимов лазерной обработки на фазовый состав, микротвердость и износостойкость покрытий из нержавеющей стали без и после легирования аморфным бором и В₄С.

Ключевые слова: лазерная обработка, фазовый состав, легирование, микротвердость, интенсивность изнашивания.

Введение. Детали с покрытиями из нержавеющей стали хорошо зарекомендовали себя в условиях работы в агрессивных средах. Основным их недостатком является пониженная твердость и износостойкость.

Одним из методов данной проблемы является использование комбинированной технологии, включающей плазменное напыление диффузионно-легированного бором порошка ПР-Х18Н9 на основе аустенитной стали. Полученные покрытия обладают гомогенной структурой и благодаря лазерной обработке возможно управлять их свойствами. Данный метод предусматривает длительное, 3 – 5 часовое диффузионное борирование порошка из стали ПР-Х18Н9 [1]. На основании ранее проведенных экспериментальных исследований была предпринята попытка получения износостойких беспористых покрытий из шликерных обмазок [2, 3]. В процессе лазерного легирования происходит расплавление обмазки и части материала подложки. После остывания формируется зона упрочнения, состоящая из зоны затвердевшего металла и зоны термического влияния, представляющая собой область закаленного металла. Свойства зоны легирования зависят от концентрации легирующих элементов и получения фаз различной степени стабильности и дисперсности, образующихся в процессе охлаждения. Режимы лазерного облучения: плотность мощности излучения и его диаметр, а также концентрация легирующих компонентов в обмазке определяют строение и состав зоны термического влияния [4, 5]. На интенсивность изнашивания покрытий из порошков на железной основе могут оказывать влияние режимы лазерной обработки, а также дополнительное легирование [3, 6] Целью работы является изучение влияния параметров лазерной обработки и дополнительного легирования В_{AM} и В₄С на фазовый состав, микротвердость и износостойкость покрытий из нержавеющей стали AISI 316Lsi.

Основная часть. Исследованию подвергали образцы из стали 3, на которую методом гиперзвуковой металлизации (ГМ) наносили нержавеющую сталь AISI 316Lsi. Напыление осуществляли при помощи установки АМД-10. В состав установки входили металлизационный аппарат, пульт управления и блок коммутации. Давление сжатого воздуха 0,45...0,6 МПа при давлении пропан-бутана 0,25...0,4 МПа. Проволока для напыления d = 1,6 мм. Толщина нанесенного слоя составила 0,6 мм. Использовали покрытие из нержавеющей стали AISI 316Lsi без и с нанесенным слоем легирующих обмазок В_{AM} и В₄С. Оплавление образцов осуществляли лазером ЛГН-702 мощностью N = 800 Вт при диаметре пятна лазерного луча от 1 до 2 мм со скоростями перемещения от 100 мм/мин до 1500 мм/мин. Для исследования фазового состава использовался рентгеновский дифрактометр ДРОН – 3,0, при скорости поворота образца 1 град/мин в медном монохроматизированном излучении в максимально возможном интервале углов от 10° до 75° для качественного и количественного фазового анализа. Микротвердость исследовали на приборе ПМТ-3 путем вдавливания в испытуемый образец четырехгранной алмазной пирамиды с углом при вершине 136° при нагрузке 100 г (0,98 Н) (ГОСТ 9450 – 76). Интенсивность изнашивания измерялась для трех видов оплавленных лазером покрытий: без легирования, легированных В_{AM} и В₄С. Покрытия оплавлены на скоростях от 100 до 1500 мм/мин. Нагрузка составила 11,17 Н, время испытания 10 мин. Использовано по пять образцов для каждого вида покрытий.