

УДК 667.661.13

**ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ПИГМЕНТОВ И КРАСИТЕЛЕЙ
В БИСЕРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ**

А.И. Барвин, И.И. Багринцев, В.Я. Стороженко, Ю.Н. Штонда*
Технологический институт Восточноукраинского национального
университета им. В. Даля, г. Северодонецк;

**Сумский государственный университет, г. Сумы*

Рассмотрены вопросы аппаратурного оформления процесса диспергирования пигментов и красителей в бисерных мельницах. Установлено, что практический интерес представляют рабочие органы, при работе которых турбулизация диспергируемой среды осуществляется за счет кинетической энергии струй, а осевая циркуляция массы обеспечивается формой рабочих органов.

Современные технологические процессы характеризуются очень широким применением различных видов измельчения, начиная с грубого измельчения при подготовке сырья (минералов), кончая тонким и коллоидным.

В настоящее время в различных отраслях химической промышленности и особенно в производстве пигментов и красителей стал основным способ мокрого измельчения [1-7]. В этом случае применение указанного способа диктуется самой технологией производства, когда конечный продукт должен быть получен в суспензионном состоянии, при этом совмещаются операции измельчения и гомогенизации.

Наиболее перспективным оборудованием для проведения процессов мокрого измельчения являются песочные и бисерные мельницы роторного типа [4,5,9,10]. В качестве мелющих тел в данных мельницах используются стеклянный бисер, кварцевый песок, металлические или керамические шарики, бисер из органического стекла. Наибольшее распространение нашел стеклянный бисер, который обеспечивает достижение требуемого технологического результата и в значительно меньшей степени чем, например, стальные шарики, вызывает износ рабочих органов мельницы [8].

Теоретически описать процесс измельчения в бисерной мельнице практически невозможно ввиду существования многих параметров, влияющих на процесс измельчения, и их взаимосвязи. Поэтому исследование бисерных мельниц в настоящее время производится только экспериментально. Так, экспериментально было получено, что размер мелющих тел должен относиться к размеру измельчаемых частиц как 30:1 и рекомендуется применять бисер диаметром от 0,8 до 3 мм для большинства процессов диспергирования [11].

Значительное влияние на эффективность диспергирования в бисерных мельницах при производстве пигментов и красителей оказывает

концентрация пигмента и пленкообразующего в растворах связующего [12].

Качество измельчения и диспергирования в бисерных мельницах и экономичность процесса определяются, наряду с перечисленными выше факторами, создаваемой в мельницах гидродинамической обстановкой [13]. Создание оптимальной гидродинамической обстановки позволяет с наименьшими энергозатратами измельчать продукт до необходимой дисперсности.

Математическое описание столкновений твердых частиц в сосуде с вращающимися рабочими органами затруднительно, т.к. эти столкновения могут возникать за счет различных факторов, причем зависимость столкновений от всех факторов имеет вероятностный характер.

Для наиболее эффективного столкновения мелющих тел и, таким образом, наиболее эффективного измельчения, необходимо в контейнере мельницы создать такие условия, чтобы рабочие тела находились в беспорядочном движении, чему способствуют микровихрения. Макровихрения нежелательны, т.к. в этом случае потоки, увлекая большое количество рабочих тел, уменьшают возможность их столкновений, что сказывается на эффективности измельчения.

В работах [14,15] приведены результаты исследований гидродинамики процесса измельчения. Установлено, что гидродинамическая обстановка в контейнере характеризуется соотношением аксиальной составляющей силы (P_a) к тангенциальной ее составляющей у стенки аппарата (P_t). При этом наибольшая степень измельчения достигается при $P_a/P_t = 0,90:0,94$.

Значительное влияние на эффективность диспергирования оказывает правильный выбор конструкции рабочих органов. Согласно опытным данным по исследованию различных форм плоских рабочих органов эффективным является диск со слабым скосом на периферии, незначительно уступает ему обычный плоский диск [14].

Практический интерес представляют рабочие органы, при работе которых турбулизация диспергируемой среды осуществляется за счет кинетической энергии струй, а осевая циркуляция массы обеспечивается их формой и направлением. На рисунке 1 изображена мельница с такими рабочими органами.

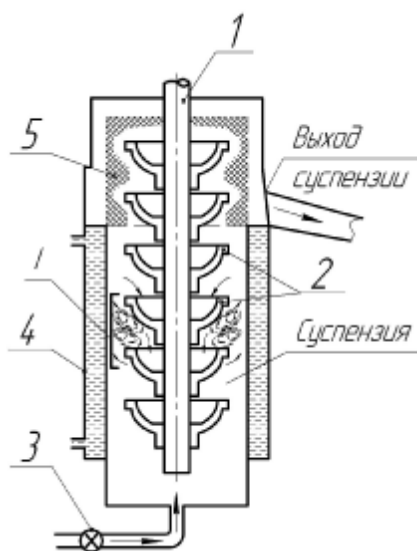


Рисунок 1 –Схема бисерной мельницы

1 – вал; 2 – рабочие органы; 3 – ввод суспензии; 4 – рубашка;
5 – отделительная сетка; I – структура течения мелющих тел с суспензией

При вращении ротора среда под действием центробежной силы обтекает рабочий орган, приобретая при этом направленное движение вдоль ее поверхности. Энергия, вводимая в среду, передается среде в непосредственной близости от поверхности рабочего органа.

Ввиду больших окружных скоростей рабочего органа возникают значительные градиенты скоростей, что приводит к возникновению высоких напряжений сдвига. Кроме того, обтекающий рабочий орган поток подсасывает суспензию, создавая интенсивное осевое течение.

При использовании рассмотренных выше устройств в качестве рабочих органов бисерных мельниц возможны следующие способы установки их на валу:

- все рабочие органы расположены на валу выпуклой частью вниз;
- все рабочие органы расположены на валу выпуклой частью вверх;
- комбинированное расположение рабочих органов (в этом случае насадки могут иметь одинаковый диаметр или различный).

Результаты предварительных исследований показали, что применение таких рабочих органов позволит в широких пределах варьировать соотношением аксиальной и тангенциальной составляющих сил, действующих на бисер. Правильный выбор этого соотношения определяет наиболее благоприятные условия для столкновений между измельчающими телами и частицами диспергируемого вещества.

В связи с этим возникла необходимость проведения исследований по определению оптимальных соотношений размеров рабочих органов, расположения их на валу и оценке их применения для процессов диспергирования в бисерных мельницах.

Для экспериментального исследования процесса диспергирования разработана и изготовлена лабораторная установка, принципиальная схема которой приведена на рисунке 2.

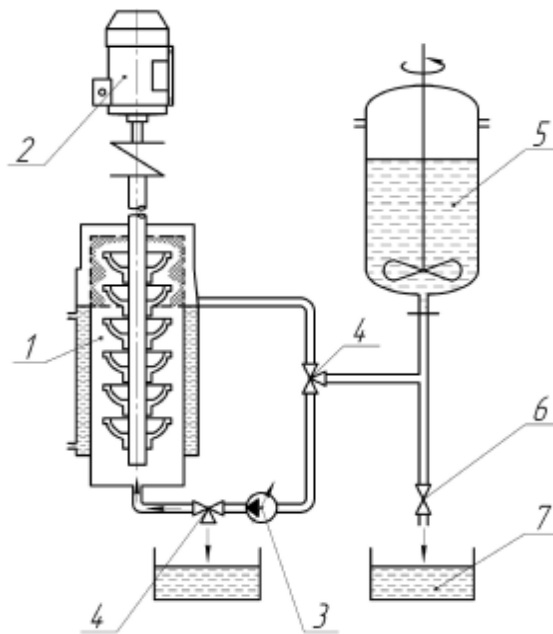


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки
1 – бисерная мельница; 2 – привод; 3 – циркуляционный насос;
4 – трехходовой кран; 5 – аппарат для приготовления суспензии;
6 – технологический кран; 7 – емкости для суспензии

В качестве диспергируемой среды использовались водные суспензии двуокиси железа с концентрациями 20% и 25%.

Контейнер мельницы объемом $5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ заполнялся бисером диаметром 2–2,5 мм таким образом, чтобы отношение объема бисера к объему суспензии составляло 1:1.

Для анализа дисперсности полученной суспензии использовался метод с использованием фильтровальной бумаги, которая имеет микропоры, способные пропускать частицы размером до 2,5 мкм. Для анализа 0,025 г чистого измельченного пигмента разбавлялось 100 мл воды и с помощью нефелометра определялась оптическая плотность суспензии до и после фильтрования. По изменению оптической плотности определялось процентное отношение частиц размером до 2,5 мкм в измельченном пигменте.

Исследовалась структура течения в мельнице при различных способах установки испытываемых рабочих органов. В качестве среды использовался водно-глицериновый раствор. Для наблюдения структуры течения в среде применялись трассеры-кусочки слюды размером 2–4 мм. Освещение контейнера осуществлялось щелевым источником света. При прохождении плоского луча света через контейнер он частично отражался от движущихся совместно со средой частичек слюды. В результате наблюдения установлено, что завихрения в наибольшей степени наблюдаются при комбинированном расположении рабочих органов.

Для указанного расположения рабочих органов исследовалась зависимость степени измельчения, характеризуемого содержанием частиц менее 2,5 мкм, от соотношения диаметров рабочих органов. Результаты исследований представлены на рисунке 3. Из представленной зависимости следует, что оптимальное соотношение рабочих органов составляет $\frac{d_1}{d} = 0,8$, где d – диаметр большего рабочего органа; d_1 – диаметр меньшего рабочего органа.

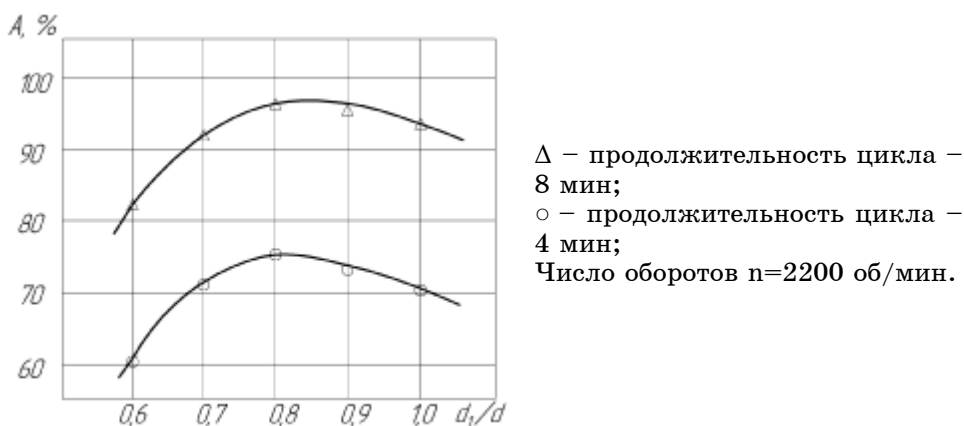


Рисунок 3 – Зависимость количества частиц размером до 2,5 мкм от соотношения диаметров рабочих органов при их комбинированном расположении

Оценивалось влияние расстояния между рабочими органами на эффективность измельчения. Установлено, что наибольшая степень

измельчения достигается при отношении $\frac{h}{d} = 0,5$ (рис. 4), здесь d – диаметр большого рабочего органа; h – расстояние между рабочими органами.

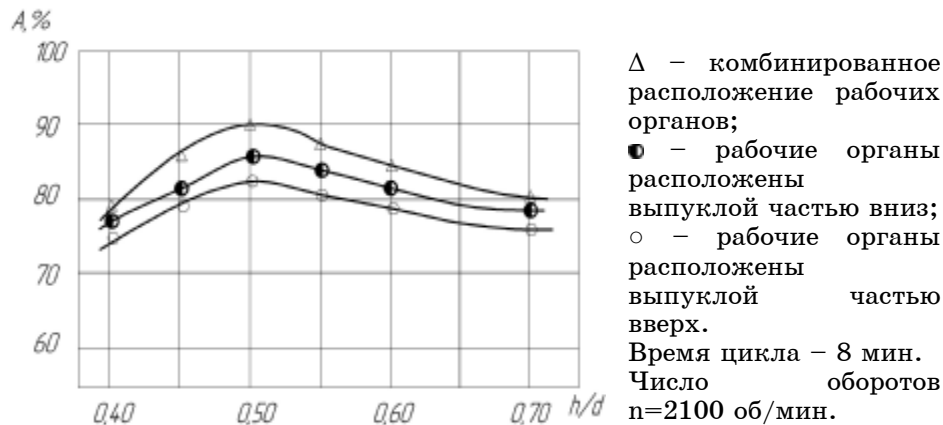


Рисунок 4 – Зависимость количества частиц размером до 2,5 мкм от расстояния между рабочими органами

Исследовалась зависимость содержания частиц размером менее 2,5 мкм от отношения диаметра мешалки к диаметру сосуда. Результаты исследования представлены на рисунке 5. Из графика следует, что по мере увеличения диаметра мешалки возрастает степень перетира и она практически достигает максимума при $\frac{d_1}{D} = 0,8 \div 0,9$, где D – диаметр контейнера.

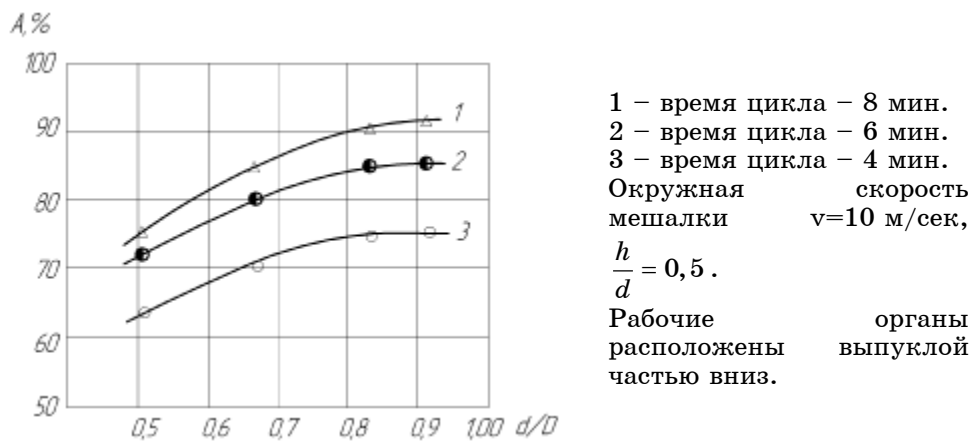
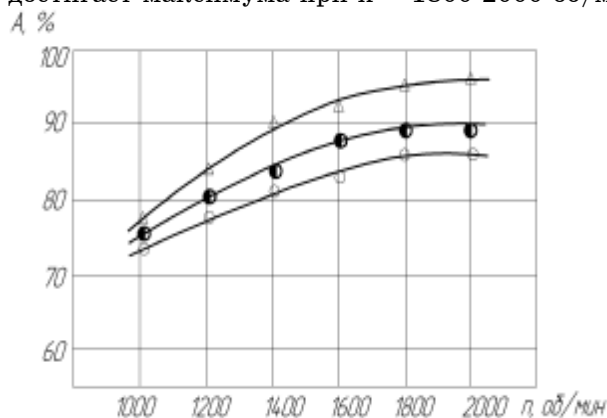


Рисунок 5 – Зависимость количества частиц размером до 2,5 мкм от отношения диаметра рабочих органов к диаметру контейнера

На графике (рис. 6) представлена зависимость эффективности измельчения от скорости вращения рабочих органов. Из графика следует,

что диспергирующая способность значительно увеличивается по мере увеличения частоты вращения ротора в пределах 1000-1600 об/мин и достигает максимума при $n = 1800-2000$ об/мин.



Δ — комбинированное расположение рабочих органов $d=100$ мм, $d_1=80$ мм;

\bullet — рабочие органы расположены выпуклой частью вниз $d=100$ мм;

\circ — рабочие органы расположены выпуклой частью вверх.

Время цикла $\tau=10$ мин;

$$\frac{h}{d} = 0,5.$$

Рисунок 6 — Зависимость количества частиц размером до 2,5 мкм от числа оборотов рабочих органов

ВЫВОДЫ

1 На основе аналитического обзора существующих способов измельчения, применяемых в промышленности, установлено, что наиболее перспективным методом диспергирования в производстве лаков, красок и красителей является диспергирование в бисерных мельницах.

2 Проведены исследования новых конструкций рабочих органов бисерных мельниц. Установлено оптимальное расположение их на валу ротора и найдены необходимые геометрические соотношения, обеспечивающие минимальное время достижения требуемого технологического результата.

SUMMARY

DISPERSION OF PIGMENTS AND DYES IN MINUTE MILL

Barvin A.I., Bagrintsev I.I., Storozhenko V.J., Stonda Y.N.

The questions of apparatus mounting the dispersion process of pigments and dyes in minute mills has been considered.

It is stated that the working organs are of practical interest. They carry out turbulization of dispersed medium by means of kinetic energy of steams, mass axial circulation being provided by shape of working organs.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голомб Л.М. Физико-химические основы технологии выпускных форм красителей. — Л.: Химия, 1974. — 223с., ил.
2. Ермилов П.И. Диспергирование красителей. — М.: Химия, 1971.-320с., ил.
3. Jurner H.E. McCarthy H.E. Afundamental analysis of slurry grinding. — A.I.Ch.E. Journal., 1966, vol. 12, № 4. — P. 784-789.
4. Steidl D. Entwicklungen Beim Zerkleinern und Sieben. — Chem. Ind., 1966, Jg. 18, № 7, S. 420-422.
5. А. С. № 280216 (СССР) Песочная мельница. / Л.А. Гординский, Н.В. Скоблева, М.А. Плановская. Заявл. 30.04.1969, № 1327219/23-33; Оpubл. в Б.И., 1970, № 27; МПК В02с 7/17.
6. А. С. № 233445 (СССР) Мельница для тонкого помола красителей и подобных материалов / В.И. Тетерюков. - Заявл. 10.08.1967, № 1180577/29-33; Оpubл. в Б.И., 1969, № 2; МПК В02с.
7. А. С. № 328933 (СССР) Коллоидная дисковая мельница / Г.П. Стульников, Г.В. Суханова, Е.С. Харичкин и др. — Заявл. 13.02.1970. № 1401475/29-33; Оpubл. в Б.И., 1972, № 7; МПК В02с 7/06.

8. Jenczewski Theodore J. The grinding of organic dyestuffs. – Can. J. Chem. Eng., 1972. - Vol. 50, № 1. – P. 59-65.
9. Engels K. Die Dispergiervor – fahrn in der Zack und Farbenindustrie unter besonderer Berucksichtigung der schnellaufenden Rührwerkswhhlen (2). – Farbe und lack, 1965. - Jg. 71, № 6. - S. 464-472.
10. Кононова З.К., Ябко Б.И., Бабкина М.М. Повышение эффективности диспергирования сажи для водоразбавляемых эмалей // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1976. - № 4. – С. 18-20.
11. Кононова З.К., Ябко Б.М. Диспергирование двуокиси титана в бисерных мельницах // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1973. - № 6. – С. 58-60.
12. Beck E.S. Science For the coatings technologist. Part XVII. Dispersion continued: individual mills //Metal Finish. – 1961. - Vol. 59, № 8. – P. 56-64.
13. Кафаров В.В., Соловьев В.П. Плановская М.А. Некоторые гидродинамические закономерности при измельчении суспензий органических и минеральных материалов в сосудах с мешалками //Химическая промышленность. – 1969. - № 6. – С. 458-460.
14. Кафаров В.В., Соловьев В.П. Плановская М.А. Некоторые гидродинамические закономерности при измельчении суспензий органических и минеральных материалов в сосудах с мешалками //Химическая промышленность. –1969. - № 7. – С. 536-539.
15. Кафаров В.В., Соловьев В.П. Плановская М.А. Измельчение органических пигментов и красителей в сосудах с дисковыми мешалками//Химическая промышленность. – 1967. - № 12. – С. 908-910.

Барвин А.И., канд. техн. наук, зам. директора, Технологический институт ВНУ им. В. Даля, г. Северодонецк;

Багринцев И.И., канд. техн. наук, доцент, Технологический институт ВНУ им. В. Даля, г. Северодонецк;

Стороженко В.Я., канд. техн. наук, профессор, СумГУ, г. Сумы;

Штонда Ю.Н. доцент, Технологический институт ВНУ им. В. Даля, г. Северодонецк

Поступила в редакцию 12 ноября 2007 г.