

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ И ШЛИКЕРОВ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Левит В.В.,

Донецкий государственный технический университет

78-84

Проведены исследования процесса тонкого помола в рамках технологического процесса приготовления смесей и шликеров. Получены экспериментальные зависимости, на основе которых разработана САУ помолом. Эффективность системы подтверждена результатами промышленных испытаний.

Research of thin milling were in frames of technological process preparation mixture's and shliker's. Experimental dependence's were receive and on their basic work out ACS of milling. Efficacy of system was confirm by results of industrial testes.

Технологический процесс приготовления для керамического производства смесей и шликеров заданного шихтового состава, гранулометрических и химических свойств подразумевает следующие действия [1]: загрузка дозаторов из бункеров с исходными компонентами; транспортировка при помощи питателей и транспортеров дозируемых компонентов через загрузочное устройство в мельницу; цикл помола, при котором мельница вращается по заданному закону; выгрузка суспензии, ее сепарация и обогащение; смешивание с глинистыми материалами, подвергнутыми роспуску в стругачах, диспергаторах и мешалках, или непосредственно в мельнице совместно с помолом каменистых материалов; подача готового шликера на последующую обработку.

Практический опыт изготовления керамики показал [2], что тонкий помол каменистых материалов (отошающих и плавней) и равномерность распределения их гранулометрического состава улучшают качество керамических изделий. Оптимальная тонкость помола компонентов керамической массы не превышает 60 мкм, поэтому качество помола проверяют в виде размера остатка после прохождения суспензии сквозь сито №0063. Энергоемкость подготовки керамической массы составляет около 30% всей энергии, затрачиваемой на произ-

водство керамики, и оценивается в среднем в 380 кВт*ч на 1 т пластической массы. При этом мокрый помол каменистых и глинистых материалов требует до 65% от этого энергопотребления.

Таким образом, при автоматизации технологического процесса приготовления смесей и шликеров для керамического производства ключевым процессом, большей частью обеспечивающим качество шликера и керамических изделий в целом является мокрый помол исходных компонентов, который на отечественных предприятиях производится в барабанных мельницах периодического действия с мелющими телами в виде фарфоровых, керамических и уралитовых шаров или гальки.

Значимой частью математической модели помола в шаровой мельнице является модель поведения мелющих тел (МТ). Так, критическая угловая скорость для возникновения ситуации, при которой центробежные силы превосходят силы тяготения, МТ не отрываются от внутренней поверхности барабана даже в верхней точке подъема, и работа измельчения практически становится равной нулю, может быть определена из условия:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R}}, \quad (1)$$

где R - радиус барабана; g - ускорение свободного падения.

Число циклов слоя МТ за время одного оборота барабана мельницы:

$$Z_{сл} = \frac{\pi}{(\pi - 2\alpha) + \sin 2\alpha}, \quad (2)$$

таким образом, $Z_{сл}$ зависит от угла отрыва α мелющих тел от футеровки. Оно неодинаково для различных слоев МТ при постоянной скорости вращения ω барабана, а для МТ одного и того же слоя изменяется с изменением ω . Число циклов, которое делает вся шаровая нагрузка за один оборот барабана, равна:

$$Z = \frac{1 - K_H^2}{\varphi}, \quad (3)$$

где K_H - отношение радиусов внутреннего и наружного слоев МТ, φ - коэффициент заполнения мельницы МТ.

Как показывают проведенные исследования, наиболее эффективным параметром, изменением которого можно управлять тонко-

стью помола, компенсируя при этом возмущающие воздействия и добиваясь максимальной или оптимальной производительности (времени периода помола), является скорость вращения барабана мельницы. Так, из зависимости (3) следует, что при снижении скорости мельницы на 10% (от 80% до 70%) и при заполнении мельницы с $\varphi = 30\%$ число циклов Z , которые делают МТ за один оборот барабана, увеличивается с 1,48 до 2,0, т.е. на 35%. Таким образом, при снижении скорости от критической производительность размола увеличивается за счет увеличения числа ударов МТ по частицам исходных компонентов и за счет увеличения нормальной составляющей скорости падения МТ и энергии удара. Следовательно, изменением скорости можно осуществлять регулирование силы ударов МТ и их количеством. Однако положительный эффект от изменения скорости вращения наблюдается лишь в определенных пределах, причем диапазон регулирования существенно зависит от следующих параметров: внутримельничного заполнения, колеблющегося вследствие ошибок дозаторов и погрешностей в работе питателей и транспортеров; коэффициента заполнения МТ φ ; степени износа МТ (как от размера отдельных МТ, так и от количества МТ в отдельных фракциях); степени износа футеровки (так, изменение толщины футеровки на 76 мм при диаметре барабана 1800 мм приводит к изменению $\omega_{кр}$ на 3%); условий трения скольжения МТ о футеровку и об измельчаемые материалы (есть данные о 25%-м изменении коэффициента трения вследствие колебаний физико-химических характеристик измельчаемых материалов, присутствия порошка кварца и колебаний влажности массы), которые приводят к изменению угла отрыва α , и, соответственно, к изменению условий циркуляции внутримельничного заполнения. Вследствие влияния вышеперечисленных возмущающих воздействий тонкость помола характеризуется большим разбросом по крупности частиц.

При создании САУ помолом изложенные выводы приводят к необходимости регулирования скорости вращения барабана мельницы из условий близкого к оптимальному состояния внутримельничного заполнения. Косвенной характеристикой этого состояния в процессе цикла помола является доступный для наблюдения виброакустический сигнал барабана. Основные диагностические параметры этого сигнала: доминирующая частота виброакустического сигнала,

свидетельствующая о характере циркуляций загрузки; интегральная амплитуда информационного диапазона (показатель, характеризующий совместное влияние различных возмущающих воздействий и отражающий интенсивность процессов помола).

Как показала практика управления работой мельниц, значимые диапазоны регулирования скорости таковы: для мелкого и мягкого материала (глинистых материалов, пегматита) при обеспечении наиболее эффективного для такого материала – каскадного режима МТ с истирающим воздействием [1] – 80-50% $\omega_{кр}$; для крупного и твердого материала (отошающих и плавней) при обеспечении как каскадного, так и водопадного режимов – 95-60% $\omega_{кр}$. Таким образом, наибольший диапазон регулирования составляет 35% $\omega_{кр}$.

В ходе регулирования скорости ее колебания (при перерегулировании и колебаниях переходного процесса) будут отрицательно влиять на процесс измельчения и на износ футеровки и МТ вследствие срыва баллистики МТ. Основным требованием к САУ помолом является апериодический характер переходного процесса в канале «скорость барабана – состояние внутримельничного заполнения» с минимальным перерегулированием (3-5%).

В ходе экспериментального определения динамических характеристик мельницы К/ТН-24 в лабораторных условиях ЗАО «А/т Глини Донбасу» были получены зависимости, на основании которых построены передаточные функции барабанной мельницы. Так, передаточная функция канала «скорость барабана – состояние внутримельничного заполнения» аппроксимирована в следующем виде:

$$W_{\omega-A} = \frac{K_{\omega-A}}{T_{\omega-A}p + 1}, \quad (4)$$

где $K_{\omega-A} = 7,98$ (с/рад), $T_{\omega-A} = 0,832$ с. Такой апериодический вид рассматриваемого звена мельницы характерен и для других барабанных мельниц. Передаточная функция канала «состояние внутримельничного заполнения – тонкость помола» аппроксимирована в виде:

$$W_{M-T} = \frac{K_{M-T}}{T_{M-T}p + 1}. \quad (5)$$

На рисунке 1 представлены результаты, также полученные в ходе экспериментальных исследований: зависимость времени помола от

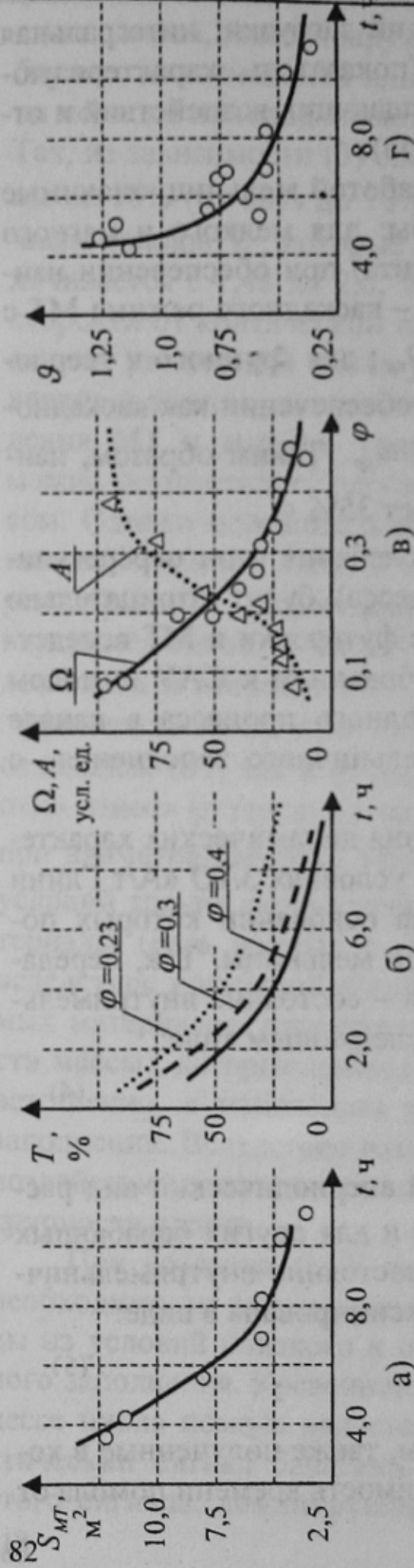


Рисунок 1 – Результати експериментальних досліджень впливу параметрів стану внутримельничного заповнення на процес помолу.

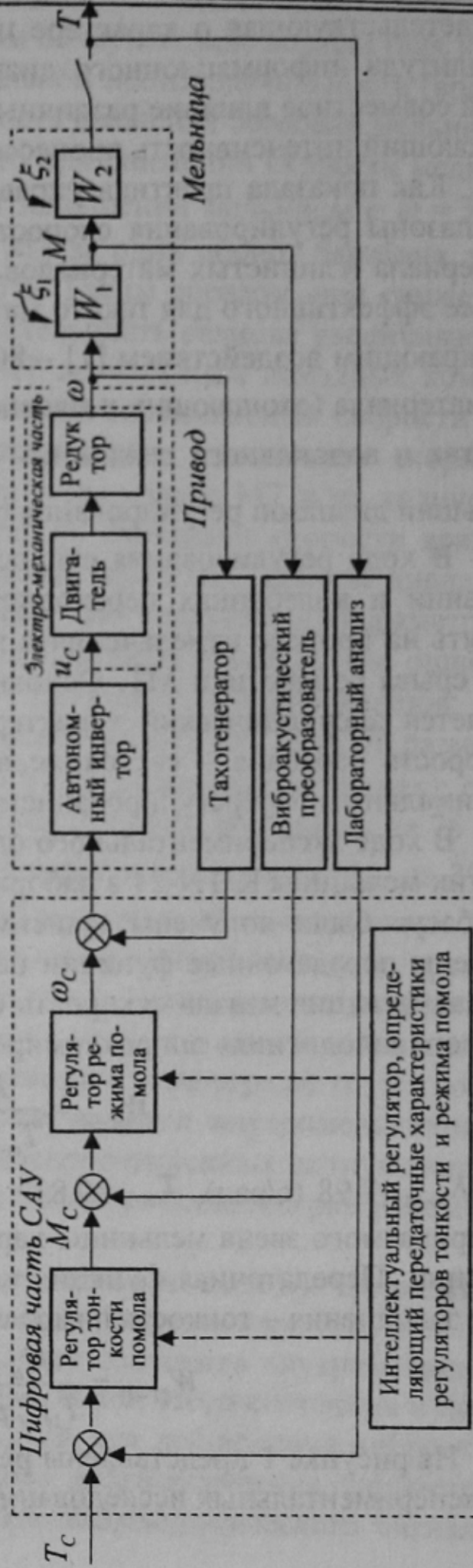


Рисунок 2 - Структурная схема системы управления тонкостью помолу в мельнице периодического действия.

общей поверхности шаровой загрузки S_{MT} как характеристики состояния МТ (рисунок 1, а); влияние внутримельничного заполнения φ на время и тонкость помола T в виде остатка на сите в % (рисунок 1, б); зависимость параметров Ω и A виброакустического сигнала от внутримельничного заполнения φ (рисунок 1, в); влияние соотношения материал/МТ Q (качество внутримельничного заполнения) на производительность (рисунок 1, г).

Полученные графики показывают общий характер исследуемых зависимостей, так как количественные оценки изменяются для каждой конкретной мельницы, зависят от ее состояния и значимости возмущающих факторов. Общим выводом из полученных зависимостей является выражение:

$$T = f(M), \quad (6)$$

где $M = f\left(\frac{\omega}{\omega_{кр}}, \varphi, \nu, F_{тр}, \Sigma_{MT}, K, Q\right)$, T - тонкость помола, φ

- коэффициент внутримельничного заполнения, ν - влажность массы, $F_{тр}$ - условия трения МТ, Σ_{MT} - состояние МТ (в том числе соотношение материал/МТ, общая поверхность шаровой загрузки, гранулометрический состав и т.д.), K - конструктивные характеристики мельницы, Q - производительность мельницы.

Структурная схема системы управления тонкостью помола из условия $Q = const$ и исходя из рецепта шихтового состава и технологических условий керамического производства приведена на рисунке 2. Для ее реализации используется асинхронный трехфазный двигатель, установленный на мельнице при неавтоматизированном варианте работы (без изменения скорости вращения) и автономный инвертор фирмы АВВ с цифровым входом, осуществляющий частотное управление скоростью вращения [3]. САУ реализует многоконтурное управление с основным контуром по тонкости помола. Регуляторы контуров управления состоянием внутримельничной среды (условиями помола) и тонкостью помола имеют адаптивно настраиваемые передаточные функции, вычисляемые в интеллектуальном регуляторе на базе управляющей ЭВМ в соответствии с результатами динамической идентификации или заранее определенными функциональными зависимостями. В цепях обратных связей действуют тахогенератор, виброакустический преобразователь и цеховая лаборатория, опреде-

ляющая тонкость помола по остатку на сите. Периодичность процесса помола отображена вводом импульсного элемента. Возмущающие воздействия, влияющие на звенья мельницы: ξ_1 - крупность и твердость исходных компонентов и МТ, масса и общая поверхность МТ и т.д. (компенсируются управляющим воздействием скорости мельницы в ходе управления по косвенному промежуточному параметру A); ξ_2 - состояние футеровки, режим трения МТ, рецикл внутримельничного заполнения, изменение конструктивных параметров мельницы и т.д. (эти возмущения, а также возмущения, приходящие с выхода первого звена мельницы, компенсируются путем установки задания M_c на состояние внутримельничной среды (условия помола)).

Разработанная САУ тонким помолом в качестве подсистемы автоматизации процесса приготовления шликера прошла промышленные испытания на Славянском заводе высоковольтных изоляторов и ЗАО «А/т Глини Донбасу». Испытания показали сокращение времени помола при использовании САУ в среднем на 21% по сравнению с неавтоматизированным вариантом, а также уменьшение энергопотребления на 23%. Кроме того, было отмечено уменьшение дисперсии гранулометрического состава получаемой суспензии (разброс остатка на сите №0063 после прохождения суспензии снизился в среднем в два раза), некоторое уменьшение скорости износа МТ (на 12%), что подтвердило способность разработанной САУ осуществлять управление процессом помола со стабилизацией оптимального состояния внутримельничного заполнения. Разработанная САУ совместно с технологическими агрегатами дозирования, транспортирования и смешивания исходных компонентов и получаемых полуфабрикатов позволяет эффективно автоматизировать технологический процесс приготовления смесей и шликеров для керамического производства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Мороз И.И., Сидоренко А.И., Мороз Б.И. Совершенствование производства фарфоро-фаянсовых изделий. – К.: Техника, 1988. – 272 с.
2. Утеуш З.В., Утеуш Э.В. Управление измельчительными агрегатами. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с.
3. Цифровые электроприводы с транзисторными преобразователями / С.Г. Герман-Галкин, В.Д. Лебедев, Б.А. Марков, Н.И. Чичерин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. – 248 с.