

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial x} = a(1-C)e^q, \\ b \frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = g(1-C)e^q - d(q-q_r), \\ \frac{\partial q_r}{\partial t} - \frac{\partial q_r}{\partial x} = d(q-q_r), \quad (x,t) \in \Pi, \\ (q-q_r)|_{x=0} = 0, \quad C|_{x=0} = 0, \quad q_r|_{x=1} = q_0, \quad (C, q, q_r)|_{t=0} \end{cases} \quad (1)$$

Здесь Π - полуплоскость $(0,1) \times (0, \infty)$, q, q_r - температура в реакторе и холодильнике, \tilde{N} - концентрация реагирующего вещества, a, b, g, d, q_0 - постоянные, из них первые четыре положительные, начальные функции - гладкие и удовлетворяют условиям согласования нулевого и первого порядков.

В данной работе установлено прямым методом Ляпунова достаточное условие экспоненциальной устойчивости в L_2 -норме стационарного решения задачи (1) (вариант этого метода применительно к указанному классу краевых задач предложен в [5]), предварительно получено достаточное условие существования таких решений.

Теорема 1. Для существования хотя бы одного стационарного решения краевой задачи (1) достаточно выполнение неравенства

$$d < \frac{a}{g}. \quad (2)$$

Пусть выполнено условие (2) и (z, v_1, v_2) - стационарное решение краевой задачи (1). Введем вектор отклонений

$$u = (C - z, q - v_1, q_r - v_2).$$

Будем говорить, что стационарное решение задачи (1) экспоненциально устойчиво в L_2 -норме, если существует такое $d > 0$, что для решений (C, q, q_r) задачи (1) таких, что $|u(x, 0)| < d$ при $x \in [0, 1]$, выполняется оценка

$$\|u(x, t)\| \leq m e^{-nt} \|u(x, 0)\| \quad (t > 0, \quad m, n = \text{const} > 0),$$

$$\|u(x, t)\| \leq \left(\int_0^1 |u(x, t)|^2 dx \right)^{1/2}.$$

где

Теорема 2. Для экспоненциальной устойчивости в L_2 -норме стационарного решения краевой задачи (1) достаточно выполнение неравенства

$$d < 2e^{-(2g/a+1)}. \quad (3)$$

Отметим, что из (3) следует условие (2) существования стационарного решения.

В основе подхода к обоснованию лежит вариант прямого метода Ляпунова для гиперболических смешанных задач, предложенный в работе [5].

Литература

1. Зеленьяк Т.И. К вопросу об устойчивости решений смешанных задач для одного квазилинейного уравнения // Дифференц. уравнения. 1967. Т.3. №1. С.19-29.
2. Шеплев В.С., Мещеряков В.Д. Математическое моделирование реакторов с кипящим слоем катализатора // В кн.: Математическое моделирование химических реакторов. Новосибирск: Наука. Сиб. Отд. 1984. С.44-65.
3. Иванов Е.А. Управление процессом в реакторе с псевдооживленным слоем // Там же. С.116-127.
4. Акрамов Т.А. Качественный и численный анализ модели реактора с противотоком компонентов // Математическое моделирование каталитических реакторов. Новосибирск: Наука. 1989. С.195-214.
5. Романовский Р.К., Воробьева Е.В., Макарова И.Д. Об устойчивости решений смешанной задачи для почти линейной гиперболической системы на плоскости // Сиб. журн. индустр. математики. - 2003. Т.6 - № 1. - С. 118-124.

Исследование процесса размола древесноволокнистой массы на промышленных установках при производстве древесноволокнистых плит

Чистова Н.Г., Петрушева Н.А.
Лесосибирский филиал Сибирского государственного технологического университета, Лесосибирск

Одним из путей комплексного использования древесины является производство древесноволокнистых плит (ДВП). Важной технологической операцией производства ДВП является разделение древесины на волокна - размол. От качества и степени размола зависят процессы отлива и обезвоживания ковра, процессы прессования и термовлагообработки плит и, соответственно, прочностные показатели готовых плит.

На основании анализа литературных источников и анализа работы действующего предприятия, (на примере ООО «Лесосибирский ЛДК-1») выяснилось, что в сложном процессе производства ДВП не уделяется должного внимания отдельным технологическим операциям. В частности, процесс размола древесноволокнистой массы и щепы до настоящего времени оценивается только качественно на уровне «хорошо» или «плохо» и практически не дается количественной оценки этого процесса.

Как следствие выявляется факт интуитивного регулирования технологического процесса для получения плиты с определенными качественными характеристиками, без учета количественных показателей процесса размола.

В связи с этим в работе поставлена задача выделения процесса размола как одного из основных технологических процессов при получении ДВП и изучение этого процесса с целью определения влияния основных технологических конструктивных и энергосиловых параметров работы размалывающих машин на процесс размола и в целом влияние данного про-

цесса размола на качественные и количественные показатели ДВП.

По результатам работы выяснено, что действительно процесс размола оказывает существенное влияние на производство древесноволокнистых плит, причем этот процесс зависит от конструктивных, технологических и энергосиловых параметров размалывающих машин.

Правильный выбор и регулирование этих параметров позволяют влиять на весь технологический процесс получения ДВП. Добиться вышеизложенных результатов работы оказалось возможным с использованием объемного многофакторного экспериментального материала, проведенного в промышленных условиях на действующих установках. Вместе с тем для решения поставленной задачи использован статистическо-математический, Квази-Ньютоновский метод обработки экспериментальных данных, с моделированием по В-плану второго порядка для одно и многофакторных экспериментов.

Установлено, что основными факторами, влияющими на эффективность данного процесса в размольной камере дефибратора являются: зазор между дисками, степень износа сегментов и обороты нижнего шнека, на второй ступени размола такими факторами являются: степень износа рабочей поверхности дисков, рабочий зазор между ними и концентрация древесноволокнистой массы перед рафинатором.

Определено, что как на дефибраторе (первая ступень размола) так и на рафинаторе (вторая ступень размола), после определенного промежутка времени работы размалывающих сегментов, ротор истирается интенсивнее статора, поэтому предпочтительно ротор изготавливать из более прочного материала, чем статор.

Получены уравнения регрессии, устанавливающие зависимости степени помола и удельного расхода электроэнергии от основных конструктивных параметров размалывающих машин:

износа дисков, рабочего зазора между размалывающими сегментами, и скорости вращения нижнего шнека – для дефибратора;

износа дисков, рабочего зазора между размалывающими сегментами, и концентрации древесноволокнистой массы перед рафинатором.

Математически установлена зависимость физико-механических свойств готовой плиты от степени помола, которая позволяет влиять на основные прочностные показатели плиты не зависимо от типоразмера дисковых мельниц. Получены математические модели, которые устанавливают зависимости прочности, плотности, водопоглощения и толщины готовых древесноволокнистых плит от основных конструктивных параметров дисковых мельниц.

В работе предложено математическое описание влияния степени помола древесноволокнистой массы на удельный расход электроэнергии, что позволяет, варьируя данным показателем, знать расход электроэнергии и влиять на него.

На основании результатов решения задач с помощью регрессионного анализа были получены математические модели, описывающие следующие зависимости: $DC, E, Pr, Pl, S, Tl = f(L/h, \sigma, n, c)$; $E, Pr, Pl, S, Tl = f(DC)$

В частности для дефибратора:

$$DC = 5.2083 + 0.27846 \cdot (L/h) + 16.6371 \cdot \sigma + 0.69343 \cdot n - 0.00469 \cdot (L/h)^2 - 50 \cdot \sigma^2 - 0.008661 \cdot n^2 - 0.62495 \cdot ((L/h) \cdot \sigma) - 0.0221 \cdot ((L/h) \cdot n) - 0.8824 \cdot (\sigma \cdot n)$$

$$E_d = 179.52 + 2.5953 \cdot (L/h) - 39.398 \cdot \sigma + 2.45868 \cdot n + 0.066375 \cdot (L/h)^2 - 25 \cdot \sigma^2 + 0.02164 \cdot n^2 - 5.625 \cdot ((L/h) \cdot \sigma) - 0.09192 \cdot ((L/h) \cdot n) + 1.471 \cdot (\sigma \cdot n)$$

$$Pr = 1.511053588 + 0.273168236 \cdot L/h + 48.385898 \cdot \sigma + 0.86078988 \cdot n - 0.043750375 \cdot L/h^2 - 19.9988 \cdot \sigma^2 - 0.0173 \cdot n^2 - 3.50011 \cdot L/h \cdot \sigma + 0.018382647 \cdot L/h \cdot n + 0.14706 \cdot \sigma \cdot n$$

$$Pl = -319.1628 - 1.339889709 \cdot L/h + 3599.168 \cdot \sigma + 129.93338 \cdot n - 1.01171875 \cdot L/h^2 - 15675 \cdot \sigma^2 - 4.04412 \cdot n^2 - 66.875 \cdot L/h \cdot \sigma + 0.68015 \cdot L/h \cdot n - 69.11812 \cdot \sigma \cdot n$$

$$S = 41.54364893 - 0.166170412 \cdot L/h - 5.32263235 \cdot \sigma - 0.758084428 \cdot n + 0.0109375 \cdot L/h^2 + 130 \cdot \sigma^2 + 0.025951557 \cdot n^2 + 1.750005 \cdot L/h \cdot \sigma - 0.000005882 \cdot L/h \cdot n - 1.764776471 \cdot \sigma \cdot n$$

$$Tl = 2.88181 - 0.041623 \cdot L/h - 3.17632 \cdot \sigma + 0.073196 \cdot n + 0.00215 \cdot L/h^2 + 13.75 \cdot \sigma^2 - 0.00541 \cdot n^2 + 0.09363 \cdot L/h \cdot \sigma + 0.002754 \cdot L/h \cdot n + 0.085 \cdot \sigma \cdot n$$

$$E_d = 4281.86 - 672.8 (DC) + 27.7 (DC)^2$$

$$Pr = -146.744 + 25.346 \cdot (DC) - 0.859 \cdot (DC)^2$$

$$Pl = -15558 + 2359 \cdot (DC) - 83.4 \cdot (DC)^2$$

$$S = 578.256 - 85.96 \cdot (DC) + 3.4 \cdot (DC)^2$$

$$Tl = -69.5219 + 12.723 \cdot (DC) - 0.556 \cdot (DC)^2$$

для рафинатора:

$$E_p = 621.155 - 13.268 \cdot (L/h) - 167.05 \cdot \sigma - 312.455 \cdot c + 2.48 \cdot (L/h)^2 + 3876 \cdot \sigma^2 + 79.76 \cdot c^2 - 15.625 \cdot ((L/h) \cdot \sigma) - 0.9375 \cdot ((L/h) \cdot c) - 347.8 \cdot (\sigma \cdot c)$$

$$DC = -99.9491 - 0.39619 \cdot (L/h) + 80.44948 \cdot \sigma + 80.95748 \cdot c + 0.014057 \cdot (L/h)^2 - 110 \cdot \sigma^2 - 13.2996 \cdot c^2 + 0.625 \cdot ((L/h) \cdot \sigma) + 0.00000315 \cdot ((L/h) \cdot c) - 27 \cdot (\sigma \cdot c)$$

$$Pr = -72.675793 - 3.385319 \cdot L/h + 67.5597 \cdot \sigma + 87.76749 \cdot c - 0.000391 \cdot L/h^2 - 42.5 \cdot \sigma^2 - 14.225 \cdot c^2 + 1.187505 \cdot L/h \cdot \sigma - 0.056248 \cdot L/h \cdot c - 22.5 \cdot \sigma \cdot c$$

$$Pl = -3246.75625 - 2.90625 \cdot L/h + 452 \cdot \sigma + 2819.75 \cdot c - 0.1328125 \cdot L/h^2 + 2150 \cdot \sigma^2 - 468.5 \cdot c^2 + 10 \cdot L/h \cdot \sigma - 0.625 \cdot L/h \cdot c - 500 \cdot \sigma \cdot c$$

$$S = 80.570994 + 0.1004796 \cdot L/h - 6.237924 \cdot \sigma - 32.093733 \cdot c - 0.0041 \cdot L/h^2 + 53.75 \cdot \sigma^2 + 5.3375 \cdot c^2 + 0.09371 \cdot L/h \cdot \sigma + 0.6750485 \cdot L/h \cdot c - 22.5 \cdot \sigma \cdot c$$

$$Tl = 13.704789 + 0.0388285 \cdot L/h - 19.9137 \cdot \sigma - 7.263964 \cdot c + 0.002969 \cdot L/h^2 + 19.0024 \cdot \sigma^2 + 1.16994 \cdot c^2 - 0.17503 \cdot L/h \cdot \sigma - 0.0075015 \cdot L/h \cdot c + 6.40104 \cdot \sigma \cdot c$$

$$E_p = 155680 + 16745 \cdot (DC) + 470 \cdot (DC)^2$$

$$Pr = -1375.4 + 150.6 \cdot (DC) - 4 \cdot (DC)^2$$

$$Pl = -812.8 - 18.4 \cdot (DC) + 6 \cdot (DC)^2$$

$$S = -169.5 + 25.8 \cdot (DC) - 0.8 \cdot (DC)^2$$

$$Tl = 472.1 - 51.3 \cdot (DC) + 1.4 \cdot (DC)^2$$

Предложено, так же, решение совместной задачи обобщения конструктивных и технологических параметров размалывающих машин, качественных показателей размола, физико-механических и геометрических параметров готовой древесноволокнистой плиты с учётом энергозатрат с целью осмысленного и

целенаправленного регулирования процесса получения ДВП, а так же прогнозирования определённых показателей готового изделия при проектировании конструктивных и энергосиловых параметров новых размалывающих машин. Получены режимные параметры размалывающих машин с учетом критерия оптимизации (минимизация удельного расхода электроэнергии).

Итогом работы явилась возможность решения задач обобщения основных конструктивных и технологических параметров размалывающих машин, качественных показателей размола, физико – механических и геометрических свойств древесноволокнистой плиты с учетом энергозатрат на размол, с целью осмысленного и целенаправленного регулирования процесса получения ДВП и прогнозирования основных показателей при проектировании новых размольных машин с учетом заданных характеристик древесноволокнистой плиты.

На основании результатов исследований в промышленных условиях оказалось возможным за счет снижения энергозатрат получить годовой экономический эффект в сумме 8874200,439 рублей

Результаты исследований уже находят применение на практике завода ДВП ЗАО "Лесосибирский ЛДК - 1" при оптимизации процесса размола щепы и древесно-волоконистой массы а также при корректировке его режима работы, исходя из затрат на электроэнергию.

К проблеме прогнозирования и поисков крупных месторождений золота

Яновский В.М.
ЦНИГРИ, Москва

За более чем 250-летнюю историю поисков и эксплуатации месторождений золота в Мире исследователи накопили обширный геологический материал, отражающий сложность и разнообразие природных процессов и систем, определяющих образование крупных и уникальных месторождений (УКМ). Мировая добыча золота постоянно возрастает, при этом отмечаются периоды снижения и интенсивного роста добычи, обусловленные истощением россыпей, открытием крупных и уникальных месторождений, в том числе новых геолого-промышленных типов. Это происходит на фоне сравнительно устойчивой добычи золота в бассейне Витватерсранд – уникальном объекте, в котором запасы и ресурсы превышают 70 тыс. т металла, а вертикальный размах промышленного оруждения достигает 4-6 км.

Важнейшим аспектом анализа золотоносности провинций и районов Мира являются систематизации и группировки месторождений разного масштаба и различного генезиса, определение ведущих факторов локализации руд, выяснение причинно-следственных связей геологических рудовмещающих комплексов, структур, источника металла, минералого-геохимических особенностей процессов концентрирования или рассеяния золота. При этом УКМ рассматриваются как природные аномалии или как закономерные конечные члены рудообразующей системы.

Известные группировки месторождений золота России и Мира различаются по исследовательским предпочтениям. Одни, основанные на составе руд, морфологии рудных тел, их параметрах, величинах запасов и ресурсов, относятся к геолого-промышленным, в других – преобладают физико-химические характеристики рудообразующего процесса, рассматриваются вероятные источники металла, геодинамические режимы, продолжительность активизации рудообразующих систем, роль и доля участия геологических комплексов в рудоотложении, - это, по существу, геолого-генетические типизации (Н.И. Бородаевский, Г.П. Воларович, П.Ф. Иванкин, Е.М. Некрасов, Н.В. Петровская, И.С. Рожков, Ю.Г. Сафонов, Н.А. Фогельман, С.Д. Шер и многие другие; за рубежом – R.W. Hutchinson, C.J. Hodgson, R. Kerrich, C.N. Phillips, S.B. Romberger, R.H. Sillitoe, D.A. Singer et al.). Сопоставление опубликованных типизаций, включая и те, где геолого-промышленные и геолого-генетические критерии совмещены, показывают некоторую неопределенность и дискуссионность, проявляющиеся когда идентичные по своим промышленным характеристикам месторождения попадают в разные генетические группы и наоборот. Многие исследователи отмечают несовершенство типизаций, объясняя это сложностью и разнообразием рудообразующих систем.

Учитывая важное значение геолого-промышленных типизаций – как основы поисков и прогнозирования УКМ золота, автор публикации составил основные черты месторождений «черносланцевой формации» или «золото-углеродистого формационного типа», разобщенных в ряде типизаций. Этот класс месторождений золота, по нашему мнению, уступает только золотоносным конгломератам. Перспективы открытия новых объектов и вовлечения известных в золотодобычу весьма значительны.

На территории России и СНГ к этому классу относятся Бакырчик, Сухой Лог, Нежданинское, Наталкинское, Кючус, Майское, Ветринское, Советское, Эльдорадо, Олимпиадинское, Ведуга, Мурунтау, Даугыз, Кокпатас, Чармитан, Кумтор, Зун-Холба и некоторые другие. В части месторождений развиты золото-кварцевые жилы, составляющие небольшую долю (10-15%) от массы вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд.

Используя собственные обобщающие и детальные материалы для этого класса месторождений золота, автор предлагает в вопросах прогнозирования и поисков придерживаться следующих принципов: а) формирование УКМ — природная закономерность, познание которой возможно при совокупном анализе и синтезе геолого-геофизических данных в системе объектов от месторождения до металлогенической провинции; при этом именно месторождения такого класса характеризуют типовые рудообразующие системы и процессы; б) в геотектонических областях с неоднородным строением и длительным геодинамическим режимом развития, основные геолого-промышленные черты месторождений существенно трансформируются в разных ярусах и этажах слоистой земной коры; в) реставрация рудообразующих систем и процессов эффективна только при вы-