

РКУП. Значение удлинения до разрушения образцов сплавов АМЦ и АМГ6 уменьшается до 40% и 20%, соответственно.

Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета Науки МОН РК по теме "Получение субмикроструктурированных алюминиевых сплавов с высокими физико-механическими свойствами методом интенсивной пластической деформации".

Литература.

1. O. Sitdikov, S. Krymskiy, M. Markushev, E. Avtokratova, T. Sakai. Effect of heat treatment on nanostructuring in high-strength aluminum alloy by severe plastic deformation // Rev. Adv. Mater. Sci. -2012. -Vol.31. -P. 62-67;
2. L. L. Rokhlin, N.R. Bochvar, A.V.Sukhanov, N. P. Leonova. Structure and strength properties of the cold-deformed Al-Mg2Si-based alloys with additives of transition metals // Inorganic Materials: Applied Research- 2016.- Volume 7, Issue 5. – P. 682–686;
3. I.G. Brodova, I.G. Shirinkina, O.A. Antonova, E.V. Shorokhov, I.I. Zhgilev. Formation of a submicrocrystalline structure upon dynamic deformation of aluminum alloys // Materials Science and Engineering: A.- 2009.-Volume 503, Issues, -P. 103–105;
4. G. Brodova, A. N. Petrova, S.V. Razorenov, O. P. Plekhov, E. V. Shorokhov. Deformation behavior of submicrocrystalline aluminum alloys during dynamic loading // Russian Metallurgy (Metally).- 2016.- Volume 2016, Issue 4, P. 342–348;
5. Gholinia, P.B. Prangnell, M.V. Markushev. The effect of strain path on the development of deformation structures in severely deformed aluminium alloys processed by ECAE // Acta Materialia-2000.-Volume 48, Issue 5, -P. 1115–1130;
6. G.K.Uazyrkhanova, B.K. Rakhadilov, A.A. Myakinin, Zh.K.Uazyrkhanova. Effect of intensive plastic deformation on microstructure and mechanical properties of aluminum alloys // Materials Science and Engineering -2016, -Volume 142, -P.11-17;
7. M. Skakov, G. Uazyrkhanova, N. Popova, M. Scheffler: Influence of deformation on the phase structure of a 30CrMnSi steel. // Materials testing. – 2013. -Vol.55. -№1. -P.51-54.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСТРУЗИИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ЗОН ПЕРЕГРЕВА RDF-СЫРЬЯ В ШНЕКОВОМ ПРЕССЕ В ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЯХ YADE И ROCKY

К.В. Епифанцев

Санкт-Петербургский горный университет,

Российская Федерация, 199106, г. Санкт-Петербург, 21-ая линия, д. 2

epifancew@gmail.com, тел. 89633437759

Аннотация: Из образующихся в России отходов для дальнейшей переработки методом экструзии пригодно от 70 до 73 %, в объёме это 55-56 млн м³. Это связано, прежде всего, с ограниченными возможностями экструдера – используемые материалы для производства шнеков и корпусов неспособны перерабатывать металлические, изделия, изделия из стекла. Также с целью производства качественного топлива необходима сортировка загружаемой массы с целью уменьшения зольности производимых пеллет Рисунок 1.

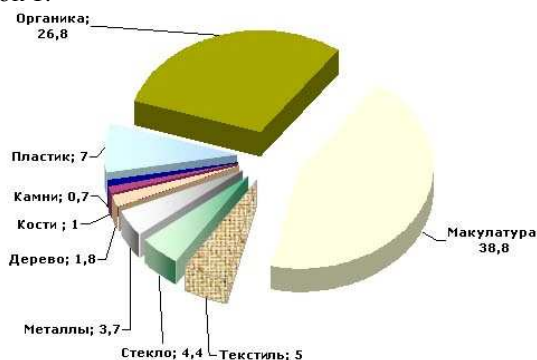


Рис. 1. Усредненный состав отходов при вывозе на полигоны в России службами ЖКХ

При формировании однородного материала мы наблюдаем равномерное распределение частиц со сходными физико-химическими характеристиками по всему корпусу экструдера (торф, уголь, глины, опилки). В нашем исследовании материал – отходы – имеют многокомпонентный состав, поэтому наша задача – помощью DEM анализа определить каким образом происходит распределение частиц мусора в экструдере по крайним к корпусу контурам, чтобы запрограммировать применение оптимальной температуры на керамических нагревателях, смоделировать оптимальную скорость вращения шнека, снизить до минимума возможность аварийной остановки и заштыбовывания экструдера.

Ключевые слова: DEM-методика моделирования, траектория движения частиц, адгезия, заштыбовывание шнека, экструдирование, параметры работы, автоматика, термодатчики.

Введение

Альтернативное топливо RDF (refuse derived fuel) или твердое вторичное топливо – это топливо, полученное из отходов. В состав RDF входят высококалорийные компоненты отходов, такие как пластик, бумага, картон, текстиль, резина, кожа, дерево и пр.

Теплотворная способность топлива RDF составляет 20000 ± 2000 кДж/кг. Величина зерна RDF составляет ~20-25 мм. Содержание опасных составляющих в топливе строго контролируется и не превышает допустимых норм. По теплотворной способности 1,7 кг RDF соответствует 1 куб.м газа. RDF представляет собой твердое топливо, производится путем измельчения и обезвоживания твердых бытовых отходов (ТБО) Рисунок 2.



Рис. 2. Выделение крупной >350мм и мелкой <65мм фракций на грохоте

Состав выбранной шихты для формирования pellets:

- бумага и картон.....14 %
- смесь ткани и полиэстера.....6%
- смешанная упаковка, полимеры.....18 %
- пластик.....2 %
- пищевые и растительные отходы.....60 %

Рабочим органом шнековой машины является шнек, вращательное движение которому передает двигатель через соединительную муфту. При заштыбовывании происходит увеличение давления формируемой шихты на формируемую массу, уплотнение pellets достигает максимума. В канале фильеры круглого поперечного сечения (с радиусом R и длиной l), в котором влиянием эффектов на входе и выходе можно пренебречь, устанавливается равновесие сил, действующих на цилиндрический элемент биомассы с толщиной слоя dr , движущийся со скоростью v_z (рис. 3), при этом равновесие количества движения сводится к равновесию действующих сил. Это является следствием несжимаемости жидкости и допущения, что жидкость течет по прямолинейным параллельным траекториям с постоянной скоростью [1].

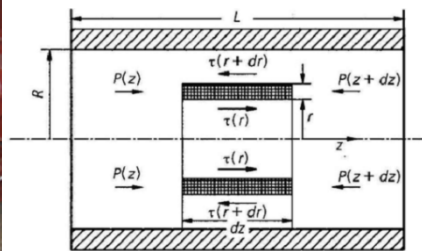


Рис. 3. Равновесие сил, действующих на массовый элемент сырья RDF в матрице

Когда $r = 0$, все силы будут равны нулю,

$$\tau(r) = \frac{\Delta p \cdot r}{2L} \quad (1)$$

Уравнение (2) является прямым следствием баланса сил; в отношении закономерности поведения материала никаких допущений не делалось. Это означает, что линейная зависимость напряжения сдвига в уравнении (2) не зависит от характера течения материала.

Максимальная скорость наблюдается при $r = 0$, следовательно:

$$(v_z)_{MAX} = \frac{\Delta p \cdot R^2}{4L\eta} \quad (2)$$

Для средней скорости течения v_z имеем:

$$\bar{v}_z = \frac{1}{A} \int v_z dA \quad \text{где } dA = r \cdot dr \quad (3)$$

На основании вышеприведенного получаем

$$v_z = \frac{\Delta p \cdot R^2}{8L\eta} \quad (4)$$

Объемный расход можно выразить следующей формулой:

$$\dot{V} = \bar{v}_z \cdot A \quad (5)$$

где A - площадь поперечного сечения канала: $A = \pi R^2$.

Отсюда получается известный закон течения Хагена-Пуазейля

$$\dot{V} = \frac{\pi R^4}{8L} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \Delta p \quad (6)$$

Пропускная способность экструзионной головки

$$\frac{\pi R^4}{8L} = K = const \quad (7)$$

Материалы и методы исследования

При моделировании распределения частиц при свободном выходе из отверстия (моделирование экструдера с отсутствующим шнеком) было произведено в программной среде YADE Рисунок 4

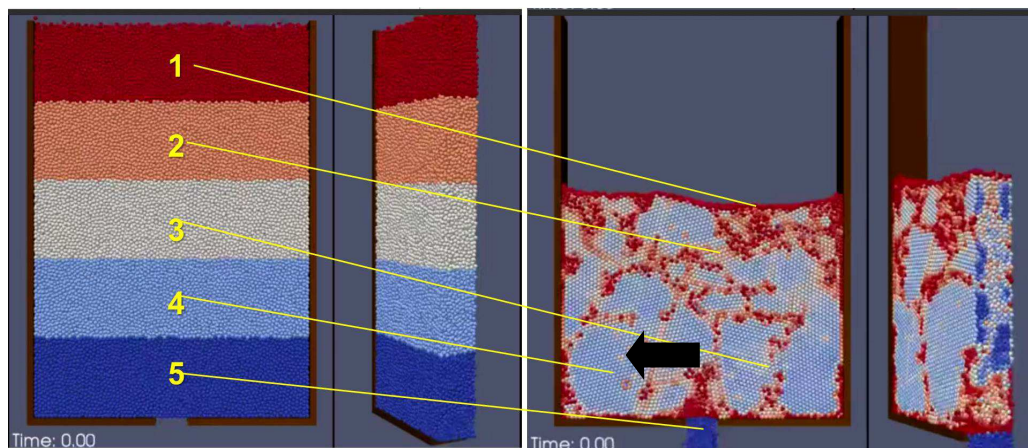


Рис. 4. Моделирование взаимодействия в составе RDF-шихты в прямоугольном виде матрицы

При моделировании просыпания для слоев были заданы условия плотности, соответствующие составу RDF-сырья, применяемого нами в экструдере

1 - бумага и картон, 2 - смесь ткани и полиэстера, 3-смешанная упаковка, полимеры, 4-пластик, 5- пищевые и растительные отходы. У стенок были замечены (на рисунке 4 обозначено стрелкой) расположились частицы обладающие большой адгезией и прилипанием к стенкам. Более сыпучие, расположились в центре - они наиболее приспособленные к выходу.

К следующему этапу моделирования в среде Para-View было решено применить конусную форму матрицы.

Рассмотрим вопрос изменения скорости частиц при прохождении через формообразующий канал матрицы с коническим сужением. От метода DEM YADE вычисления были переведены в среду DEM Rocky. Отличие данной программы в том, что данная разработка – позволяет пользоваться функцией создания частиц сложной несферической формы и возможностью рассчитывать их разрушение.

Результаты исследования

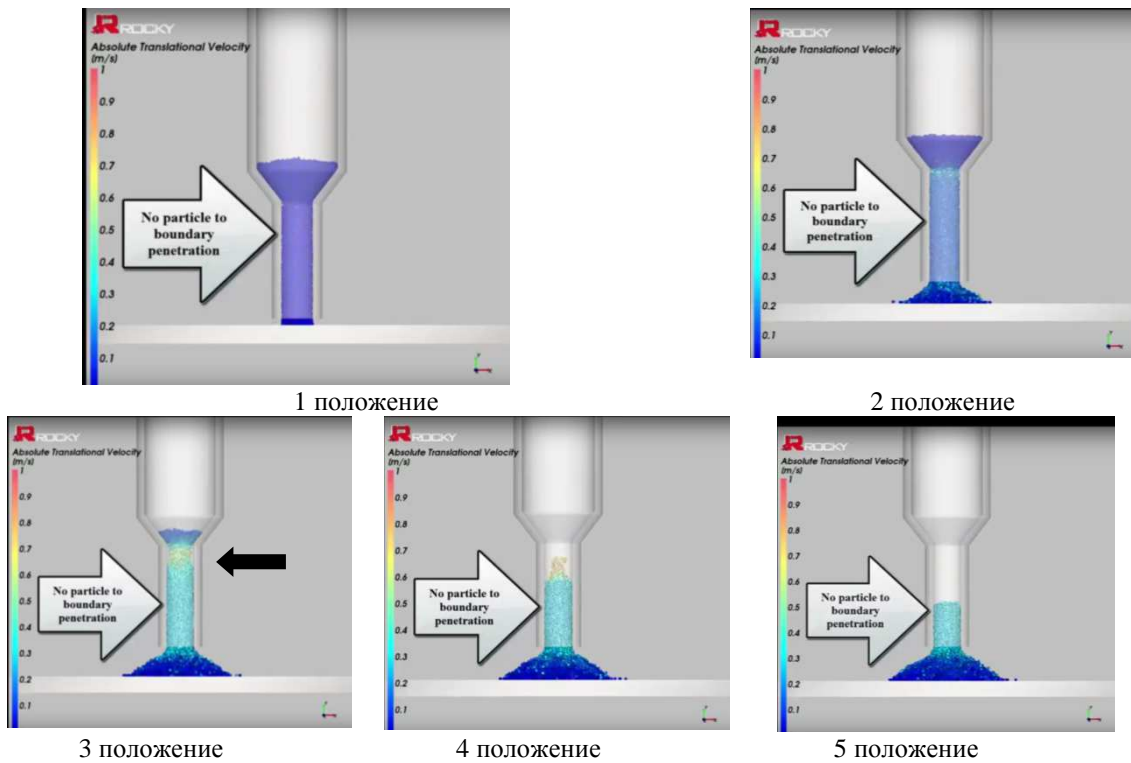
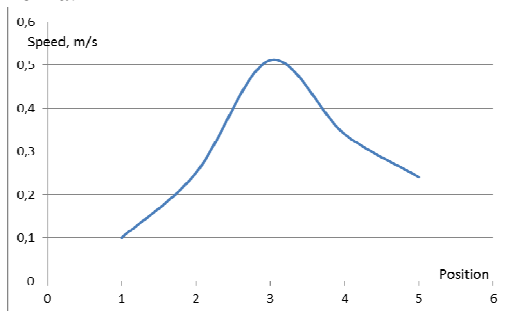


Рис. 6. DEM моделирование движения частиц в фильере

В 1 положении - Начальный этап заполнения шихтой канала, скорость движения – 0,1 м/с. Во 2-м положении - Скорость продолжает увеличиваться по всей длине канала, в переходной части достигает 0,25 м/с. В 3 положении - увеличение скорости происходит в переходной части от конусной части к цилиндрической (указано стрелкой) и достигает 0,51. В 4 положении средняя скорость движения частиц по каналу матрицы составляет 0,34 м/с. 5 положение – завершение эксперимента.



	0,1
	0,25
	0,51
	0,34
	0,24

Рис. 7. Отношение скорости в позициях

В результате проведения эксперимента подтвердилась теория о перепаде давления (рисунок 5), при котором значительная разница давлений может стать следствием неравномерного состава шихты в теле куска, и как следствие – привести к крошимости. Однако, если мы увеличим температуру на

нагревателе в данной области, кусок будет обжигаться и при более плавном прохождении через точку перепада, внутри строение куска всегда будет равномерным. Датчик, температуру которого необходимо увеличивать показан на Рис 8 стрелкой.



Рис. 8. Определение датчика, который необходимо нагревать отдельно от всех, с регулируемой подачей тепла

Обсуждение результатов

Далее в программной среде Rocky было смоделировано тело машины и перемещение частиц внутри корпуса, которое также подтвердило необходимость подвода отдельных температур к датчикам, а не просто сделать одновременный нагрев до 400 градусов

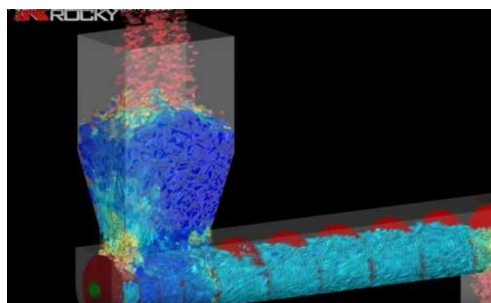


Рис. 9. Результаты моделирования экструдера в ROCKY

Получение перечисленных данных было необходимо, чтобы установить предел действия для температурного датчика (Рисунок 9), который впоследствии будет установлен в корпус экструдера для сигнализации о начале процесса формирования предразрушений гранулы.

Заключение.

Благодаря проведенным экспериментам удалось получить информацию о координатах нагрева в экструдере. На основании исследований был модернизирован существующий эструдер МН-3, в него были добавлены программируемые элементы нагрева, что позволило улучшить качество получаемых pellets.

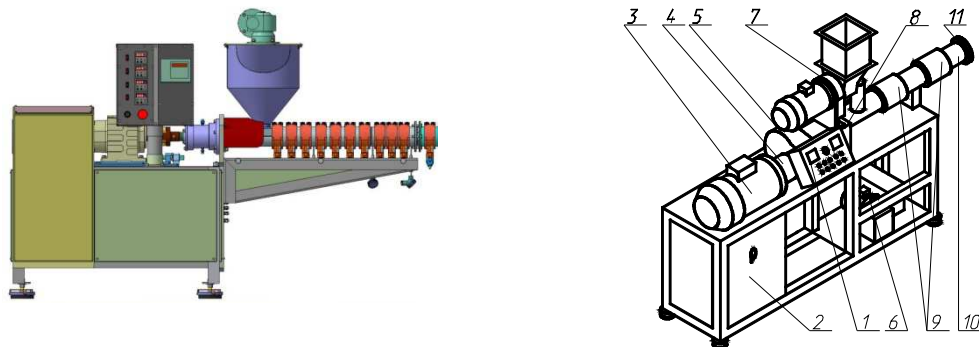


Рис. 10. Экструдер с включенными в конструкции термодатчиками: 1 – Пульт управления; 2 – Шкаф управления; 3 – Электродвигатель привода шнека; 4 – Муфта соединительная; 5 – Редуктор; 6, 7 – Дозатор компонентов RDF; 8 – Опорный узел; 9 – Нагреватели; 11 – Термодатчик; 11 – Матрица формообразующая;

Данное направление исследований позволит создать «прозрачные» системы управления экструдерами для контролирования в автоматическом режиме процесса формования и защиты от поломок и потери надежности машиной.

Литература.

1. Чистый, И. Н., 1980. Производство гранулированного торфа. Минск. 420 с.
2. Kocsérha, I. Effects of Extruder Head's Geometry on the Properties of Extruded Ceramic Products / I. Kocsérha, F. Kristály // *Materials Science Forum*. Vol. 659 (2010) pp. 499-504.
3. Богатов, Б.А. Управление процессом разработки торфяных месторождений. / Мн.: Выш. шк., 1985. 168 с.
4. Косов, В.И. Торф и сапрпель - мощный энергетический и геоэкологический потенциал России. Разведка, добыча, переработка полезных ископаемых / В.И. Косов. – Вестник XXI, РАЕН, М.: Интермент Инжиниринг, 2005.– С.212-223.
5. Benbow, J. Paste Flow and Extrusion / J. Benbow, J. Bridgwater // Clarendon Press, Oxford U.K., 1993. 425 p.
6. Nikulin, A.N. The research of possibility to use the machine for biofuel production as a mobile device for poultry farm waste recycling / A.N. Nikulin, S.V. Kovshov, K.V. Epifancev, G.I. Korshunov // *Life Science Journal*, 2014; 11(4) Pp. 464-467.
7. Epifancev, K. Modeling of peat mass process formation based on 3D analysis of the screw machine by the code YADE / K. Epifancev, A. Nikulin, S. Kovshov, S. Mozer, I. Brigadnov // *American journal of mechanical engineering*. 1(3). 2013. Pp. 73-75.
8. Микаэли В. Экструзионные головки для пластмасс и резины: Конструкции и технические расчеты/ Пер. с англ. яз.; Под ред. В.П. Володина. – СПб.: Прфессия, 2007. – 472 с.
9. White J.F., Clavel A.L. Extrusion Properties of Non-clay Oxides // *Amer. Ceram. Soc. Bull.* 1963. Vol. 42, №11. P. 698-702.
10. Генералов М.Б. Механика твердых дисперсных сред в процессах химической технологии: Учебное пособие для вузов. – Калуга: Изд. Н. Бочкаревой, 2002.-592 с.