

Findings. The investigation of thermal and diffusion processes in the near surface layers of the alloy WC-Co was carried out. The influence of the irradiation on the morphology of surface and structure of the mate-rail is investigated. It was discovered that the structural changes as an effect of the irradiation render positive influence on the wear and tear resistance of solid alloys.

Originality. Fundamental way of shock wave treatment to stimulate destruction of powder product of any configuration in order to obtain a high-quality powder for further formation, sintering and tool manufacturing of multiple use is demonstrated; ecologically friendly technology of hard alloys and cermet components of outdated military hardware and ammunition recycling has been developed.

Practical implications. It is established that the effect of high-energy processing by shock waves on a hard alloy is accompanied by a highly inhomogeneous heating of the near-surface layers and causes an enhanced mass transfer with diffusion coefficients exceeding by diffusion factors by 8 orders of magnitude during conventional heat treatment of materials. Treatment with shock waves leads to significant morphological, structural and phase changes in the surface layers of the alloy; the formation of craters, the shape and size of which depend on the parameters of the pulses, the homogenization of the surface as a result of fusion and mutual dissolution of the phase constituents, as well as the formation of intermetallic compounds.

Keywords: tungsten, cobalt, tool, hard alloy, metal ceramics, recycling, heterogeneous medium

УДК:669.162.215

© А.Н. Селегей, В. И. Головко, М.А. Рыбальченко,
И.Г. Тригуб, И.А. Маначин.

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ЗАГРУЗКИ ШИХТЫ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

© A.Selegej, V. Golovko, M. Rybal'chenko,
I. Trigub, I. Manachin

THEISSUE OF THE INFORMATION MODEL BATCH CHARGING INTO THE BLAST FURNACE

В статье рассмотрены актуальные вопросы движения шихтовых материалов по элементам загрузочных устройств доменных печей. Проведен анализ существующих методик теоретического определения кинематических характеристик движения шихты; указаны их достоинства и недостатки. Выявлено, что существующие методики не могут учитывать в необходимой мере ряд важных параметров шихтовых материалов, которые, исходя из практики, коррелируются с кинематикой движения. Материалы работы могут быть использованы при разработке новых и оптимизации существующих методов подачи шихты в рабочее пространство доменной печи с широкими возможностями коррекции и рационализации технологических операций.

У статті розглянуто актуальні питання руху шихтових матеріалів по елементам завантажувальних пристроїв доменних печей. Проведено аналіз існуючих методик теоретичного визначення кінематичних характеристик руху шихти; вказані їх переваги та недоліки. Виявлено, що існуючі методики не можуть враховувати в необхідній мірі ряд важливих параметрів шихтових матеріалів, які, виходячи з практики, корелюються з кінематикою руху. Матеріали роботи можуть бути використані при розробці нових і оптимізації існуючих методів подачі шихти в робочий простір доменної печі з широкими можливостями корекції та раціоналізації технологічних операцій.

Постановка проблеми. Успешная работа доменной печи зависит от большого количества факторов. Одним из наиболее важных параметров является выполнение рудной нагрузки. В свою очередь, выполнение рудной нагрузки напрямую зависит от работы загрузочного устройства доменной печи, а именно обеспечения загрузки слоя кокса на слой железосодержащего материала и наоборот.

Сегодня в Украине все большее распространение получают бесконусные устройства (БЗУ) лоткового типа. Применение лотковых БЗУ позволяет расширить возможности варьирования параметров загрузки печи. Для реализации оптимального распределения шихты необходимо знание зависимостей формирования поверхности засыпи от изменения параметров распределения материалов и хода печи, скоростей опускания шихты по сечению колошника, формы и положения в печи основных элементов структуры столба шихтовых материалов, определяющих газодинамические процессы в печи [1]. Оснащение доменных печей современными системами измерения профиля поверхности засыпи шихты позволяет корректировать образованные в результате выгрузки шихтовых материалов профили поверхности засыпи шихты, а также осуществлять обоснованное управление распределением шихтовых материалов на колошнике для формирования рациональной структуры столба шихты в печи. Таким образом, бесконусные загрузочные устройства расширяют возможности управления распределением шихты и увеличивает возможности формирования в печи поверхности засыпи заданного профиля и, соответственно, рациональной структуры столба шихтовых материалов [2, 3].

Кроме перечисленных характеристик следует помнить, что на формирование профиля засыпи шихты влияют:

- изменение свойств загружаемой шихты по мере ее движения по трактам шихтоподачи;
- форма промежуточного бункера на колошнике печи;
- быстрота открывания запорных агрегатов бункеров;
- геометрия течек, направляющих материал на распределительные элементы загрузочного устройства;
- кинематика движения потока шихты по лотку или поверхности конуса загрузочного устройства.

Таким образом, описание движения шихты по элементам загрузочного устройства доменной печи является важной научно-практической задачей, ре-

шение которой позволит значительно улучшить технологические показатели эксплуатации доменных печей

Анализ литературных источников показал, что на сегодняшний день не существует единой модели движения шихтовых материалов по лотку бесконусного загрузочного устройства (БЗУ) доменной печи, которая бы в достаточной мере учитывала комплекс следующих факторов, влияющих на скорость отрыва шихты с лотка [2, 3]:

- учет движения материала как насыпного груза, для которого справедливы законы механики сплошной среды;
- фазовые состояния потока шихтовых материалов (твердого тела, вязкопластичное, свободно-дисперсное);
- вращение лотка относительно вертикальной оси и изменение его угла наклона.

Скорость отрыва шихты от лотка БЗУ вместе с углом наклона лотка β по отношению к вертикали влияют на траекторию полета шихты в пространстве доменной печи. Поэтому закономерности изменения скорости схода материала с лотка дают предпосылки для автоматической корректировки рельефа засыпи шихтовых материалов в пространстве печи, а тем самым и наиболее точного выполнения рудной нагрузки.

Существуют математические модели движения частиц шихтовых материалов по лотку БЗУ основанные на решении задачи Коши для дифференциальных уравнений движения материальной точки. Однако уравнения, полученные таким способом, не дают возможности теоретически учесть комплекс факторов, отличающих параметры движения разных шихтовых материалов друг от друга. Отличить материалы возможно только введением разных значений коэффициентов трения скольжения, но таким образом нет возможности учесть ни крупность материала ни его форму, удельный вес и т.д. Кроме того, упомянутые методики требуют введения уравнений наложения дополнительных связей, что усложняет решение и вызывает неоднозначные результаты в полученных окончательных выражениях.

Также известны модели движения шихты как совокупности частиц, для которых справедливы условия движения во вращающейся криволинейной поверхности. Однако такие методики используют готовые кинематические уравнения, адаптированные под соответствующую задачу.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является разработка моделей движения шихты по элементам систем шихтоподачи, которая бы давала возможность учитывать широкий спектр характеристик самого материала, вид его движения, а также интегрированные характеристики динамического потока.

В данной работе предложено описание движения шихтовых материалов по лотку БЗУ с учетом сплошности слоя материала, его крупности и начальных условий загрузки на лоток. Насыпной груз при определенных условиях может находиться в трех структурно-механических состояниях: твердого тела, вязкопластичном и свободно-дисперсном.

Шихта при движении по лотку рассматривается как сыпучая среда, для которой справедливы законы механики сплошной среды, так как частицы, из которых состоит шихта малы по сравнению с размерами лотка и обладают свойствами упругости и прочности. Кроме того, шихта обладает одинаковыми механическими свойствами в различных точках и в различных направлениях, таким образом, обладает свойствами однородности и изотропности [4].

Рассмотрим движение насыпного груза по лотку. На насыпной груз действуют сила тяжести, силы внешнего кулонового трения со стороны дна и боковых стенок лотка, а также силы внутреннего трения. При этом глубина слоя насыпного груза при движении по лотку намного больше среднего диаметра частиц. Поэтому насыпной груз при движении по лотку можно рассматривать как сыпучую среду, к которой применимы законы механики сплошных сред. Таким образом, для получения математического описания возможно применение уравнения Бернулли для потока. В этом случае необходимо определить потенциал Π в исходном уравнении Бернулли [5]. На рисунке 1 показана схема для определения потенциала с изображением векторов ускорений, проекции которых следует учитывать для материала, движущегося по лотку.

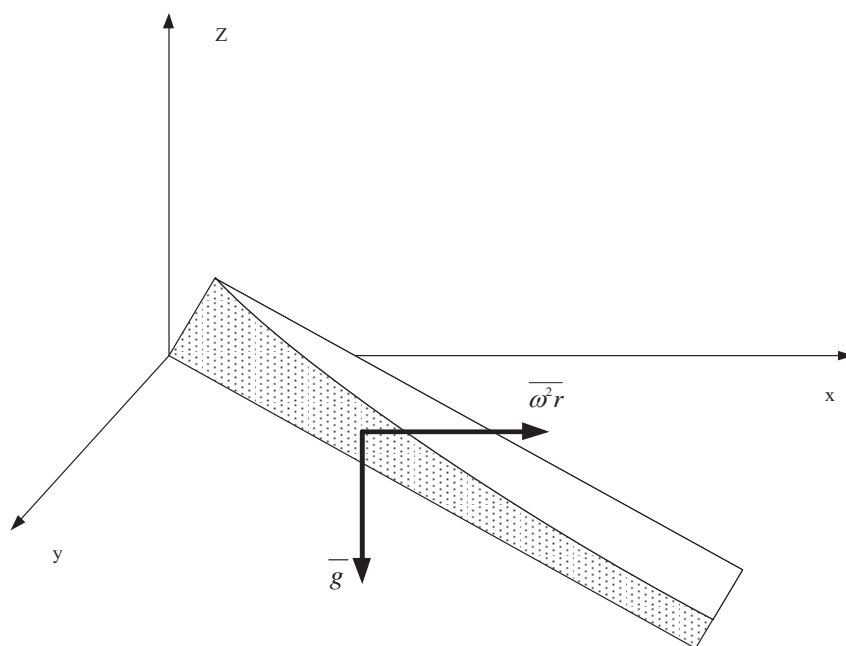


Рис. 1 Расчетная схема определения потенциала

Из источника [5] известно, что частные производные потенциала Π равны:

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi}{\partial x} = X \\ \frac{\partial \Pi}{\partial y} = Y, \\ \frac{\partial \Pi}{\partial z} = Z \end{cases} \quad (1)$$

где X, Y, Z - проекции ускорений массовых сил, действующих на поток шихтовых материалов. Из [5] также известно, что

$$d\Pi = Xdx + Ydy + Zdz \quad (2)$$

Для установившегося движения уравнение Бернулли имеет вид:

$$-\Pi + \frac{p}{\rho} + \frac{U^2}{2} = const, \quad (3)$$

где Π – некоторая потенциальная функция полный дифференциал которой соответствует уравнению (2). В случае установившегося движения по лотку с учетом рис.1:

$$X = \omega^2 \cdot r = \frac{\partial\Pi}{\partial x}, \quad Z = -g = \frac{\partial\Pi}{\partial z}, \quad Y = 0 \quad (4)$$

Таким образом

$$d\Pi = Xdx + Zdz. \quad (5)$$

Также имеем:

$$d\Pi = \frac{\partial\Pi}{\partial x} dx + \frac{\partial\Pi}{\partial z} dz \quad (6)$$

Найдем функцию Π по заданному дифференциалу (4).

$$\frac{\partial\Pi}{\partial x} = \omega^2 \cdot x; \quad (7)$$

Отсюда получим, интегрируя по dx :

$$\Pi_1 = \int \omega^2 \cdot x dx = \omega^2 \cdot \frac{x^2}{2} + C_1 \quad (8)$$

Вторая часть потенциала:

$$\frac{\partial\Pi}{\partial z} = -g \quad (9)$$

Аналогично (8) получим:

$$\Pi_2 = \int -g dz = -g \cdot z + C_2 \quad (10)$$

Полный потенциал Π равен:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 = \frac{\omega^2 \cdot x^2}{2} - g \cdot z + C \quad (11)$$

$$-\Pi = -\frac{\omega^2 \cdot x^2}{2} + g \cdot z + C \quad (12)$$

Подставим полученные данные в исходное уравнение Бернулли (3):

$$-\frac{\omega^2 \cdot x^2}{2} + g \cdot z + \frac{p}{\rho} + \frac{U^2}{2} = const \quad (13)$$

Разделим уравнение (13) на g :

$$-\frac{\omega^2 \cdot x^2}{2g} + z + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{U^2}{2g} = const \quad (14)$$

Свободно-дисперсное состояние движения груза по лотку возникает при углах наклона более 40 градусов по отношению к горизонту. Лоток бесконусного загрузочного устройства при эксплуатации может наклоняться под углом в пределах 17-53 градуса по отношению к вертикали. Учитывая инерционную составляющую ускорения в переносном движении шихты можно с уверенностью утверждать, что шихтовые материалы двигаются по лотку БЗУ в свободно-дисперсном состоянии. Полученное уравнение (14) дает возможность получить дифференциальное уравнение первого порядка, характеризующее параметры движения потока шихты по лотку БЗУ, что в свою очередь открывает широкие возможности автоматизации процесса загрузки с учетом большинства факторов. Кроме этого, решение задачи Коши для указанного уравнения позволит проводить оперативную коррекцию параметров загрузки, что обеспечит стабильность требуемого профиля засыпи шихтовых материалов на колошнике доменной печи.

Проведенные исследования дают возможность сформулировать следующие выводы:

1. Выполнение рудной нагрузки напрямую коррелирует с обеспечением постоянства заданного профиля засыпи шихтовых материалов на колошнике доменной печи.

2. Существующие математические модели движения шихтовых материалов по лотку БЗУ не могут обеспечить учет влияния характеристик потока частиц, среди которых крупность кусков шихты, коэффициенты внутреннего и внешнего трения материала шихты, начальный уровень засыпи шихты на лотке и другие.

3. Для описания движения шихтовых материалов по лотку БЗУ целесообразно применить уравнение Бернулли для потока, что позволит с заданной погрешностью осуществлять загрузку доменной печи, а также оперативную коррекцию ее характеристик, что позволит обеспечить эффективную работу доменного цеха.

4. Получен новый научный подход к определению параметров движения потока шихты по элементам БЗУ, заключающийся в применении уравнения Бернулли в виде уравнения (14).

Перечень ссылок

1. Большаков В. И. Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки / Большаков В. И. – К.: Наук.думка, 2007. – 412 с.
2. Курунов И. Ф. К вопросу об эффективности применения на доменных печах различных загрузочных устройств / Курунов И. Ф. – Metallurg, 2009. – №11.– С. 34–41.
3. Доменное производство «Криворожстали». Монография под ред. чл.-корр. НАНУ В.И. Большакова / [Большаков В. И., Бородулин А. В., Гладков Н. А., Иванча Н. Г., Кекух А. В., Костенко Г. П., Листопадов В. С., Можаренко Н. М., Муравьева И. Г., Нестеров А. С., Орел Г. И., Сокуренок А. В., Тогобицкая Д. Н., Шеремет В. А., Шулико С. Т., Шутылев Ф. М.] –ИЧМ НАНУ, «Криворожсталь». Днепропетровск, Кривой Рог, 2004.– 378 с.
4. Кирия Р.В. Математические модели движения сыпучей среды по элементам перегрузочных узлов ленточного конвейера // Системные технологии. Математические проблемы технической механики. Сб. науч. трудов. - Днепропетровск. - Вып. 2(19). - 2002. - С. 29-42.
5. Константинов Ю.М. Гидравлика / Ю.М.Константинов. – Киев: Вища школа, 1981. – 360 с.

ABSTRACT

Purpose. A target is development of models of motion of charge on the elements of the systems of “shihtopodachi”, which enabled to take into account a wide spectrum of descriptions material, type of its motion, and also integrated descriptions of dynamic thread.

The methodology. Applied methods of research description of motion of “shihtovih” materials on the tray of “beskonusnogo” load device taking into account “sploshnosti” layer of material, its largeness and initial conditions of load on tray. A “nasipnoy” load at the definite terms can be in three structural-mechanical states: solid, viscid-plastic and free-dispersion.

Findings. Existing mathematical models of motion of “shihtovih” materials on the tray of “beskonusnogo” load device can not secure consideration of influencing of descriptions of thread of particles, among which largeness of pieces of charge, coefficients of inlying and external friction of material of charge, initial level of “zasipi” charge on tray and other. New scientific approach is got to the decision of parameters of motion of thread of charge on the elements of “beskonusnogo” load device, consisting in application of the equalization Bernulli as equalization.

The originality. Implementation of the ore loading straight correlates with providing of constancy of the set type of “zasipi shihtovih” materials on “koloshnike” of high furnace.

Practical implications. For description of motion of “shihtovih” materials on the tray BZU expediently to apply the practical involving equalization Bernulli for thread, that will allow with the set error to carry out the load of high furnace, and also operative correction of its descriptions, that will allow to secure the effective work of blast-furnace workshop.

Keywords: *burdening systems, high furnace, covering stove type, burdening automation*