

В дальнейшем при пересечении ВОЗ бурят шпур и производят идентификацию запахов газов с эталонной базой, и определяют степень выбросоопасности пород по их совпадению или превышению экстремальных значений базы. Измерение показателей и сравнение производят опять-таки с помощью прибора определителя запахов.

В результате прогноза увеличивается скорость определения степени выбросоопасности, повышается безопасность ведения горных работ, и возможно снижение объёма противовыбросных мероприятий при не экстремальных показателях запахов газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. RU 2130556 C1 Ю.Г. Сиренко, В.П. Зубов, А.А. Антонов, И.И. Головатый, Д.Г. Петраков, А. Н. Земсков «Способ прогноза выбросоопасности горных пород» Е 21 F 5/00, БИ N 12, 1999.

2. Земсков, А.Н. Природные газы калийных месторождений и меры борьбы с ними / А.Н. Земсков, П.И. Кондрашев, Л.Г. Травникова. – Пермь, 2008. – С. 269–271.

3. Проскураков, Н.М. Внезапные выбросы породы и газа в калийных рудниках / Н.М. Проскураков. – М.: Недра, 1980. – 264 с.

4. Сборник материалов X форума вузов инженерно технологического профиля союзного государства Ю.Г. Сиренко, Д.П. Шмигельский, И.В. Белов «Прогнозирование выбросоопасности в “мульдах погружения” Старобинского месторождения», г. Минск, Белорусский национальный технический университет. – 2021. – С. 125–126.

5. Инструкция по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по газодинамическим явлениям, Минск-Солигорск-Пермь, 2009. – С. 7–9.

УДК 681.537

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЛЕВИТАЦИОННОЙ ПЛАВКИ COMPUTER VISION SYSTEM FOR LEVITATION MELTING CONTROL

Пайор В.А., аспирант

Санкт-Петербургский Горный университет, г. Санкт-Петербург, s215025@stud.spmi.ru
Payor V.A. post-graduate student St. Petersburg Mining University, St. Petersburg
s215025@stud.spmi.ru

Аннотация. Системы оптического неразрушающего контроля на основе технического зрения активно применяются в различных отраслях промышленности. Эффективность использования оптических методов обусловлена возможностью проведения дистанционных (бесконтактных) измерения, высоким быстродействием и разнообразием фиксируемых параметров исследуемого объекта. Благодаря развитию аппаратных средств вычислительной техники, оптические методы контроля могут быть автоматизированы и интегрированы в состав систем автоматического управления технологическими процессами. В данной работе предложена реализация системы технического зрения для контроля положения расплава в индукторе электромагнитной левитационной печи.

Ключевые слова: техническое зрение, левитационная плавка, автоматизация, computer vision, levitation melting, control automation

Введение. Бесконтактная плавка металлов в электромагнитном поле во взвешенном состоянии является одним из наиболее перспективных способов получения чистых металлов. Она заключается в нагревании металла в переменном электромагнитном поле высокой частоты. Вихревые токи Фуко, индуцируемые переменным магнитным полем

катушки в нагреваемом металле, создают вокруг расплава встречное магнитное поле, которое, взаимодействуя с первичным магнитным полем, порождает силу Лоренца, выталкивающую металл из индуктора и позволяющую образцу левитировать [1]. Помимо этого, вихревые токи интенсивно нагревают металл, вплоть до его расплавления. В промышленных условиях, левитационная плавка металлов также проводится в вакууме или среде инертного газа, чтобы исключить влияние атмосферы на расплав [2].

Одной из задач управления технологическим процессом левитационной плавки металлов является стабилизация положения расплава в индукторе печи. В существующих системах управления, положение расплава в индукторе не контролируется [3]. Применение системы технического контроля для определения положения расплава в индукторе позволит оптимизировать затраты электроэнергии, благодаря прецизионному позиционированию расплава и уменьшение зазора между расплавом и индуктором [4].

Система технического зрения.

Предлагаемая система технического зрения представляет собой программно-аппаратный комплекс включающий в себя тепловизор Optrix PI 200 как источник цифрового изображения, персональный компьютер под управлением операционной системы Linux. Цифровое изображение, получаемое с тепловизора, представляет собой двумерный массив значений температур. В таком виде изображение не пригодно для распознавания расплава. Для этого, исходное изображение преобразуется в растровое, путем применения алгоритма пороговой фильтрации и бинаризации. Повысить быстродействие алгоритма распознавания можно путем уменьшения размеров обрабатываемого изображения. Как правило, нас интересует не все исходное изображение, а только его определенные области, в которых находится исследуемый объект. Такая область называется областью интереса. Выделение области интереса позволяет не только повысить быстродействие алгоритма, но и увеличить его точность, благодаря исключению из исходного изображения второстепенных объектов, не относящихся к объекту исследования [5].

Для определения контура расплава на изображении применяется специальный алгоритм – детектор границ. Работа детекторов границ построена на обнаружении изменений яркости изображений, которые могут быть связаны с изменением глубины трехмерной сцены, свойствами наблюдаемых материалов, освещением сцены и ориентации наблюдаемых поверхностей в пространстве [6]. Точность обнаружения границ объектов на изображении определяется такими свойствами, как фокусное размытие, наличие теней и полутеней от источников света, геометрии наблюдаемых объектов. При работе с тепловизионным изображением, основными факторами, влияющим на точность определения границ объекта является его температура и температура окружающей среды (фона) [7]. Координаты расплава относительно центра заданной области интереса записываются в табличный файл в формате CSV. Для наглядности представления результатов работы системы технического зрения, на рис. 2 приведена визуализация траекторий движения образца алюминия при частоте тока в индукторе 60 кГц и 30 кГц соответственно.

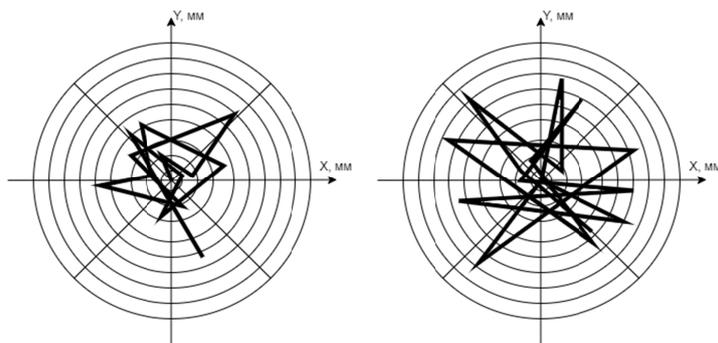


Рис. 2. Траектории движения расплава при частоте 60 кГц и 30 кГц

Как видно из траектории на рис. 2, траектория движения расплава в значительной мере отличается в зависимости от частоты тока в индукторе. Данные о траектории движения расплава, получаемые таким образом, могут быть использованы для выявления зависимостей между характером движения расплава, его температурой и частотой тока в индукторе.

Заключение. В данной работе была предложена реализация системы технического зрения для контроля положения расплава в индукторе левитационной печи. Работа описывает алгоритм фильтрации изображения тепловизора и определения контуров расплава, его положения относительно центра индуктора печи. Предложенный алгоритм может быть использован в составе системы управления левитационной плавки, как способ получения данных о положении расплава в индукторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Okress E.C. et al. Electromagnetic levitation of solid and molten metals // J. Appl. Phys. – 1952. – Vol. 23, № 5.
2. Lohöfer G. Theory of an Electromagnetically Levitated Metal Sphere I: Absorbed Power // SIAM J. Appl. Math. – 1989. – Vol. 49, № 2.
3. Baake E., Shpenst V.A. Recent scientific research on electrothermal metallurgical processes // J. Min. Inst. – 2019. – Vol. 240. – P. 660–668.
4. Lewis J.C., Neumayer H.R.J., Ward R.G. The stabilization of liquid metal during levitation melting // J. Sci. Instrum. – 1962. – Vol. 39, № 11.
5. Zhang Y., Li D., Zhu W. Infrared and Visible Image Fusion with Hybrid Image Filtering // Math. Probl. Eng. – 2020. – Vol. 2020.
6. Gagliano S., Stella G., Bucolo M. Real-time detection of slug velocity in microchannels // Micromachines. – 2020. – Vol. 11, № 3.
7. Boikov A. V. Optoelectronic Method for Monitoring the State of the Cryolite Melt in Aluminum Electrolyzers / V.Yu. Bazhin, A.V. Boikov, A.V. Sman', P.V. Ivanov // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2015. – Vol. 56. – No. 1. – pp. 6–9.

УДК 542.65, 621.928.44

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ФЛОКУЛЯЦИИ В СГУСТИТЕЛЕ КРАСНОГО ШЛАМА JUSTIFICATION FOR THE APPLICATION OF MODERN COMPUTER MODELLING TECHNIQUES TO ASSESS THE FLOCCULATION PROCESS IN A RED MUD THICKENER

Пупышева Е.А., аспирант,
Санкт-Петербургский Горный университет, г. Санкт-Петербург, s215029@stud.spmi.ru
Pupysheva E.A., PhD student, St. Petersburg Mining University, St. Petersburg,
s215029@stud.spmi.ru

Аннотация. С точки зрения автоматизации сгуститель красного шлама – это сложный объект, обладающий большим количеством взаимосвязанных параметров и достаточно высокой инерцией, что значительно осложняет его управление. В работе предлагается использование CFD (Computational Fluid Dynamics) и DEM (Discrete element method) моделирования в виде комбинированного метода компьютерного инженерного анализа процесса флокуляции металлургических пульп. Применение данного метода исследования обосновывается широким спектром доступных инструментов,