

Экономический эффект от применения мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса заключается, в стабилизации процесса обогащения за счет формирования общекарьерного рудопотока с заданными качественными характеристиками, оптимизирующими технико-экономические показатели работы обогатительной фабрики и всего горно-обогатительного комбината. При этом наблюдается снижение себестоимости обогащения на 1,0-1,5 % за счет получения дополнительного объема концентрата вследствие стабилизации качества исходной руды обогатительного производства в заданном диапазоне.

Выводы. Применение мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса как составной части технологии управления качеством рудопотоков в условиях открытых горных работ позволит получить технологический, экологический, энергосберегающий и экономический эффект.

Список литературы

1. Бастан П.П. Смешивание и сортировка руд / П.П. Бастан, Н.К. Костина – М., : Недра, 1990. – 168 с.
2. Федоров М.Ю. Основные технические и конструктивные принципы рентгенорадиометрических сепараторов РАДОС / М.Ю. Федоров // Материалы 3 международной научно-технической конференции «Рентгенорадиометрическая сепарация минерального сырья и техногенных отходов». – Екатеринбург, 2007 г. – С. 70-79
3. Азарян В.А. Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference "The goals of the World Science 2017" (January 31, 2017, Dubai, UAE). № 2(18), Vol.1, February 2017 – С. 20–24.
4. Ломоносов Г.Г. Формирование качества руды при открытой добыче / Г.Г. Ломоносов // М.: Недра, 1975 – 224 с.5.
5. Пат. №85053 Украина, В07В 1/00. Мобильный дробильно-сортировочный радиометрический комплекс / А.А. Азарян, В.А. Азарян, Ю.Е. Цыбулевский – 2013. Бюл. № 21, опубл. 11.11.2013 г.
6. Арсеньев С.Я. Внутрикьерное усреднение железных руд / С.Я. Арсеньев, А.Д. Прудовский // М.: Недра, 1980 – 200 с.
7. Федосеев В.А. Экономика обогащения железных руд. / В.А. Федосеев // Изд-во «Наука», Ленингр. Отд., 1974 – 112 с.
8. Бызов В.Ф. Об усреднении качества руд при объединении грузопотоков / В.Ф. Бызов, Ю.Г. Вилкул И.И. Максимов // Металлургическая и горная промышленность, 1982. – №2. – С. 64-65.
9. Азарян В.А. Разработка мобильного дробильно-сортировочного радиометрического комплекса для железорудных карьеров, / В.А. Азарян // Черная металлургия: бюллетень научно-технической и экономической информации, Издательство: Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии // Москва ISSN: 0135-5910. – 2014. – №5 (1373). – С. 23 – 26.
10. Азарян В.А. Модель стабилизации колебаний содержания полезного компонента в рудопотоке карьера / В.А. Азарян // Европейская наука и технологии (European Science and Technology). Мюнхен, Германия, – 3-4 октября 2013 г.: Материалы 5 Международной научно-практической конференции. Мюнхен. – С. 331 – 336.

Рукопись поступила в редакцию 04.04.17.

УДК 622.7.092

А. А. АЗАРЯН, д-р техн. наук, проф., Д. В. ШВЕЦ, аспирант,
Криворожский национальный университет

В. Г. КУЧЕР, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, ООО «Рудпромгеофизика»

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗАТОРОВ ПУЛЬПОВЫХ ПРОДУКТОВ МАГНЕТИТОВЫХ РУД

Цель. Целью данной работы является разработка новой конструкции лабораторного анализатора содержания магнитного железа (магнетита) в твердой фазе пульповых проб рудообогатительных фабрик, перерабатывающих магнетитовые руды. Обогащение руд и известные анализаторы содержания магнетита базируются на использовании пондеромоторного метода, когда ферромагнитная составляющая твердого пульпы притягивается к магниту, при этом сила притяжения характеризует содержание магнетита в контролируемом объеме.

Методы исследования. До последнего времени не рассматривались анализаторы содержания магнетита, построенные на измерении силы отрыва притянутой к постоянному магниту контролируемой пробы. Такой метод контроля момента отрыва пробы значительно упрощает конструкцию анализатора и повышает точность измерений.

Научная новизна. Решение данной задачи составляет актуальность работы. Ее целью является математическое обоснование сил отрыва, действующих на пробу, получаемых на поверхности постоянного магнита при измерении в пробе содержания магнетита.

Практическая значимость. Разработана конструкция предлагаемых лабораторных весов, установлена линейная зависимость силы отрыва пробы от содержания в ней магнетита при неизменном объеме пробы, а также зависи-

мость точности измерений от их массы - стабильность измерений гарантируется при измерении проб массой более 40г. Для повышения экспрессности измерений в лабораторных условиях рекомендуется использование систем автоматического пробоотбора и доставки проб. Целесообразно изготовление экспериментального образца магнитных весов с последующим проведением испытаний в промышленных условиях.

Результаты. Предложено новое направление для разработки анализаторов контроля содержания магнетита в пульповых продуктах рудобогатительных фабрик с использованием пондеромоторного средства контроля методом отрыва притянутой к магниту пробы. Разработана конструкция лабораторных магнитных весов, реализующих предложенный метод контроля.

Ключевые слова. РОФ, магнетит, оперативный контроль, пульповые продукты.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Наиболее широкое применение для контроля содержания Fe_m в лабораторных условиях получил магнитометрический метод измерения, базирующийся (основанный) на зависимости χ контролируемой пробы от содержания в ней Fe_m

$$\chi = f(Fe_m). \quad (1)$$

Для реализации магнитометрического метода определения содержания Fe_m в подготовленной (отобранной с технологического потока, доставленной в лабораторию, обезвоженной и высушенной) пробе в лабораторных условиях используют индуктивный или пондеромоторный методы контроля.

Индуктивный метод контроля основан на измерении индуктивности электрической катушки при внесении в неё пробы. При фиксированных размерах катушки проба выполняет роль сердечника, при этом индуктивность катушки зависит от содержания магнетита в измеряемом объеме пробы.

К недостаткам метода следует отнести сложность конструкции и нестабильность показаний.

Пондеромоторный метод контроля основан на измерении силы притяжения, действующей на пробу, помещенную в постоянное магнитное поле. Величина этой силы пропорциональна величине магнитной восприимчивости пробы.

Пондеромоторный метод контроля отличается от индуктивного простотой и стабильностью показаний.

В результате анализа указанных методов для дальнейшего рассмотрения авторами выбран пондеромоторный метод измерения как более точный, технически простой и перспективный при создании лабораторных анализаторов контроля содержания Fe_m в подготовленных пробах пульпы рудобогатительных фабрик (РОФ), перерабатывающих магнетитовые руды.

Анализ исследований и публикаций. На РОФ, перерабатывающих магнетитовые руды, выделение ферромагнитной составляющей Fe_m из водной суспензии (пульпы) измельченной руды осуществляется с помощью магнитных сепараторов [1]. Для выделения из пульпового потока минеральных зерен Fe_m используется пондеромоторный метод магнитной сепарации, согласно которому на минеральное зерно, помещенное в неоднородное магнитное поле, действует магнитная сила f_m , определяемое из выражения

$$f_m = \mu_0 \int_V \chi H \text{grad} H \, dV, \quad (2)$$

где μ_0 – магнитная постоянная, Г/м; χ – магнитная восприимчивость, м³/кг; H – напряженность магнитного поля, А/м; $H \text{grad} H$ – сила магнитного поля, А²/м³; dV – элемент объема.

Сила магнитного поля $H \text{grad} H$ характеризует способность магнита притягивать к его поверхности частицы магнитной составляющей в данной среде с заданной скоростью. В магнитных сепараторах выдерживаются требования постоянства значения $H \text{grad} H$ в контролируемом объеме. Поэтому сила, действующая на магнитную составляющую пульпы в рабочем зазоре сепаратора, пропорциональна его магнитной восприимчивости

$$f = kx. \quad (3)$$

Авторами работы [2] на основании анализа опытных данных о необходимой точности измерения содержания магнетита в определенных точках технологической цепи подготовки магнетитовой руды к доменному переделу, установлено, что пондеромоторный метод измерения может быть использован для контроля всех пульповых продуктов РОФ, - исходной руды, промпродуктов, концентрата и хвостов обогащения.

Лабораторные экспресс-анализаторы для определения содержания магнитного железа в ферромагнитных материалах (магнитные весы, реализующие пондеромоторный метод измерения) были предложены в начале семидесятых годов прошлого столетия А.А. Стадкевичем, А.Ф. Харитоненко и А.Ф. Клочко [3]. Предложенные ими магнитные весы состоят из магнитной системы, выполненной из постоянных кольцеобразных магнитов, замкнутых подковообразным магнитопроводом из магнитного железа. В качестве датчика силы притяжения пробы к магнитам используется измерительная пружина, удлинение которой пропорционально силе притяжения образца. Для определения значения электродвижущей силы, вызываемой действием масс стакана с исследуемой пробой, разработана электрическая схема питания. Длина перемещения по вертикальной оси стакана с пробой - до 6мм, масса пробы – 20-30г, напряженность магнитного поля в рабочем зазоре – 240-335 кА/м. Магнитные весы указанной конструкции в семидесятых-восьмидесятых годах прошлого столетия находили широкое применение на горнообогатительных комбинатах (ГОКах) для определения содержания магнетита в лабораторных условиях [3]. К недостаткам известных конструкций следует отнести погрешности, связанные с нестабильностью измерительных пружин и дифференциально-трансформаторных датчиков, наличие электрических схем, а также сложности при подготовке представительной пробы весом до 30 г.

Известны прецизионные магнитные весы [4], созданные на базе аналитических весов, состоящие из центрального и боковых магнитов, связанных между собой ярмом, и контейнера с ампулой и резиновым вкладышем. Сила притяжения (втягивания) пробы весом 1-2 грамма, закрепленной на одном из плеч аналитических весов, определяется с помощью уравновешивающих грузов. Недостатком весов является необходимость ручного взвешивания пробы весом до 2г и низкая представительность.

Известна также конструкция экспресс-анализатора магнитной восприимчивости порошковых проб продуктов обогащения [5], которая по принципу действия аналогична магнитным весам. Конструктивное отличие предложенной конструкции заключается в том, что вместо постоянных магнитов для создания высокой напряженности в зоне расположения кюветы с пробой используется электромагнитная катушка. Напряженность магнитного поля в рабочей зоне магнитной катушки – до 300кА/м, масса пробы – до 20 г. Недостатки те же, что и в магнитных весах – наличие измерительной пружины и дифференциально-трансформаторного датчика, сложность центровки кюветы с пробой, наличие электрической схемы контроля показаний и дополнительного питания электромагнитной катушки.

Известные лабораторные экспресс-анализаторы, реализующие пондеромоторный метод контроля, обеспечивают достаточно высокую точность определения магнитного железа в пробе, однако результаты анализов не могут использоваться для оперативного контроля процесса обогащения как из-за значительного запаздывания, вносимого операциями пробоотбора и пробоподготовки (не менее 60 минут), так и из-за низкой представительности анализируемой пробы весом от двух до шестидесяти грамм, которая характеризует поток пульпы производительностью до 100 тонн в час. Общая погрешность результатов анализа лабораторных экспресс-анализаторов является суммой погрешностей операции пробоотбора, пробоподготовки и анализа. Выбор соответствующих методов и средств позволяет устранить погрешность пробоподготовки, а использование в качестве анализатора магнитных весов сводит к минимуму погрешность определения содержания магнетита в пробе. Неустранимой является погрешность пробоотбора [6].

Сотрудниками Научно-исследовательского института автоматизации черной металлургии (НИИАчермет) и проектным и проектно-конструкторским институтом «Металлургавтоматика» была предложена схема построения автоматизированных линий опробования пульповых потоков РОФ, основанная на применении дискретного отбора представительных проб, накопления и транспортировки отобранных проб в централизованную экспресс-лабораторию с последующей подготовкой проб к экспресс-анализу и формированием балансовой пробы [7]. Комплекс для реализации предложенной схемы (Система автоматизированного пробоотбора пульповых продуктов рудообогатительной фабрики типа АППО) в начале 80-х годов прошлого столетия с авторами статьи был разработан научно-производственным объединением НПО «Днепрчерметавтоматика» [8]. Конструктивно система АППО выполнена в виде ряда (от 1 до 12) пробоборных комплексов. На рис. 1 приведена структура одного пробоборного комплекса. Система АППО

изготавливалась и поставлялась Экспериментальным заводом НПО «Днепрчерметавтоматика» по прямым договорам с предприятиями-заказчиками.

В состав системы входят пробоотборники трех типов: стационарный, вакуумный для напорных трубопроводов и механический пересечной. Механический пробоотборник предназначен для пересечения в вертикальной плоскости пульповых потоков глубиной до 600 мм. В качестве пробозаборного органа использован вакуумный отсекатель, наличие которого позволяет реализовать метод поперечных сечений потока. Пробоотборник при помощи резиноканевого рукава связан с пульпоприемником, предназначенным для накопления заданного объема пульпы и ее бесконтейнерной транспортировки в помещение экспресс-лаборатории энергией сжатого воздуха. Пульпоприемник представляет собой герметичную емкость, подключенную посредством электроуправляемых стандартных клапанов к магистралям воды, сжатого воздуха и вакуумной камере. Выход пульпоприемника через транспортную магистраль связан с сократителем, установленным в помещении экспресс-лаборатории.

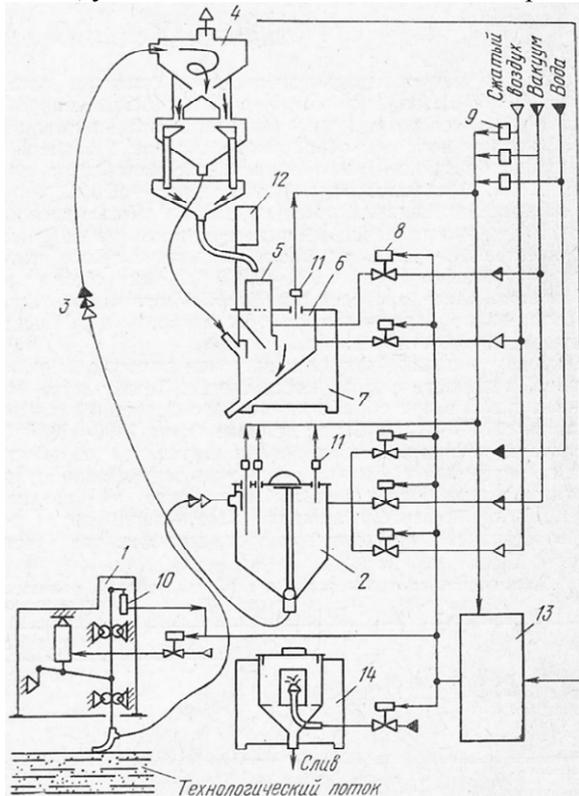


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы пробоотбора продуктов обогащения: 1 - пробоотборник; 2 - пульпоприемник; 3 - транспортная магистраль; 4 - сократитель; 5 - фильтровальный стакан; 6 - емкость возврата; 7 - стол приема и возврата проб; 8 - электроуправляемые клапаны; 9 - датчики давления в питающих магистралях; 10 - датчик положения пробоотборника; 11 - датчики уровней; 12 - панель оператора; 13 - шкаф управления; 14 - стаканомойка

Сократитель снабжен воздухоотделителем и сокращает пробы в диапазоне 1/5-1/20. Степень сокращения может плавно регулироваться. Длительность одного цикла отбора и доставки пульповой пробы не более 10 мин.

Стол приема и возврата проб предназначен для обезвоживания сокращенной части пробы и возврата остатков проб в технологический процесс. Обезвоживание осуществляется в фильтровальном стакане, представляющем собой цилиндрическую емкость, которая сообщается с вакуумной камерой посредством фильтровальной ткани, наложенной на мелкоячеистую металлическую сетку.

В восьмидесятых-девяностых годах прошлого столетия система АППО была внедрена на РОФ Северного и Центрального ГОКов

Кривбасса, а также на РОФ Полтавского и Михайловского ГОКов.

Использование в производственных условиях системы АППО не только обеспечило высокую представительность доставляемых проб, что гарантировало достоверность результатов экспресс-анализов, но и сокращало время от момента отбора пробы до получения результатов анализов вдвое – от 60 до 20 мин.

Постановка задачи. Разработка новых подходов к созданию на базе пондеромоторного метода измерения более простых и надежных магнитных весов для контроля проб весом не менее 50 г.

Изложение материала и результаты. Авторами статьи предлагается конструкция магнитных весов, построенных на принципе контроля силы отрыва (а не притяжения) от постоянного магнита контролируемой пробы, помещенной в кювету.

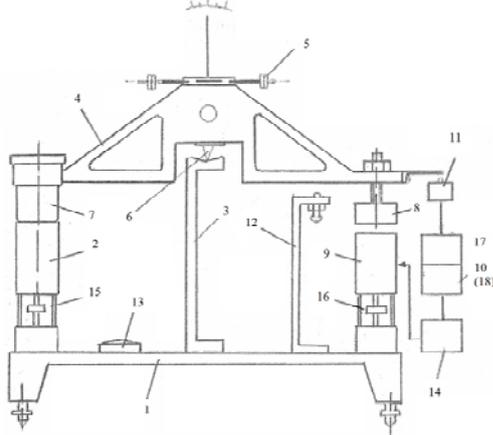
Как показал опыт проведения лабораторных испытаний возможности использования постоянного магнита для выделения из пульповой пробы ферромагнитной составляющей [9], подготовка лабораторных проб-аналогов пульповым технологическим пробам – сложная и кропотливая работа.

Для повышения точности и представительности результатов лабораторных испытаний эффективности использования пондеромоторного способа методом отрыва пробы от постоянного магнита, авторами были использованы пульповые пробы, взятые непосредственно из техноло-

гических потоков хвостов, слива классификатора и промпродуктов (с разным содержанием магнетита). Проведенные опыты позволили подтвердить сделанные ранее авторами работы [10] выводы о возможности использования пондеромоторного способа контроля всех пульповых продуктов РОФ, начиная от хвостов и слива классификатора, заканчивая концентратом.

На рис. 2 приведен общий вид предложенных весов, на рис. 3 - схема электрических соединений весов. Весы содержат платформу 1, на которой закреплены постоянный магнит 2 и стойка 3, коромысло 4 из немагнитного материала с узлом балансировки 5, установленное посредством призматической опоры 6 на стойке 3, немагнитную кювету с пробой 7, закрепленную на одном плече коромысла 4 над постоянным магнитом 2, и контргрузом 8 из магнитомягкого материала, источник 9 магнитного поля для создания силы отрыва кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2, блок 10 регулирования силы отрыва кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2, датчик 11 контроля момента отрыва, ограничитель 12 хода коромысла 4, уровень 13 и регистрирующий прибор 14.

Рис. 2. Общий вид магнитных весов



Постоянный магнит 2 и источник магнитного поля 9 снабжены регуляторами перемещения соответственно 15 и 16. Выход датчика 11 контроля момента отрыва кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2 соединен с входом блока 10, выход которого соединен с входом регистрирующего прибора 14. Источник 9 магнитного поля для создания силы отрыва кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2 выполнен в виде электромагнита, в качестве блока 10 регулирования силы отрыва применен автотрансформатор 17 и реверсивный электропривод 18 (см. рис. 2). Пульт 19 управления блока 10, состоящий из кнопочных переключателей с взаимной механической блокировкой, кнопка «Измерение» 20 и кнопка «Сброс» 21, обеспечивает изменение направления вращения реверсивного электропривода 18, кинематически связанного с токосъемником автотрансформатора 17. В качестве датчика 11 контроля момента отрыва кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2 использован микропереключатель, включенный в цепь обмотки управления электропривода 18, а в качестве регистрирующего прибора 14 использован измеритель тока, который включен последовательно в цепь питания электромагнита источника магнитного поля 9.

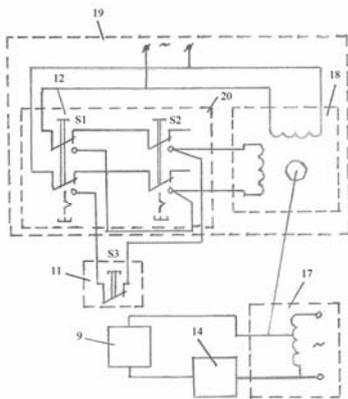


Рис. 3. Схема электрических соединений магнитных весов

Измерение содержания магнетита в пробах с помощью магнитных весов осуществляется в следующем порядке. Из измельченной пробы контролируемого материала подготавливают навеску с заданной массой, которую помещают в кювету 7 и устанавливают на коромысле 4 над магнитом 2 и нажимают кнопку 20 «Измерение». При этом включается электропривод 18 который, перемещая токосъемник автотрансформатора 17 увеличивает ток электромагнита до величины, при которой в результате взаимодействия магнитного поля с контргрузом 8, произойдет отрыв кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2, а коромысло 4 магнитных весов, воздействуя на датчик 11, отключит электропривод 18, а прибор 14 регистрирует величину тока электромагнита, при котором произошел отрыв кюветы с пробой 7 от постоянного магнита 2.

Так как величина тока электромагнита 9 пропорциональна силе притяжения к нему контргруза 8, а соответственно, и содержанию магнетита в пробе, то прибор 14 регистрирует содержание магнетита в пробе. Магнитные весы готовы к повторному измерению.

Выводы и направление дальнейших исследований. Предложено новое направление для разработки анализаторов контроля содержания магнетита в пульповых продуктах РОФ с использованием пондеромоторного способа контроля методом отрыва притянутой к магниту про-

бы. Разработана конструкция лабораторных магнитных весов, реализующих пондеромоторный метод контроля.

Список литературы

1. Ніколаєнко К.В., Олійник Т.А., Прилипенко В.Д. Магнітні та електричні методи збагачення корисних копалин. – К.:Фенікс, 2011. – 368с. (С. 56-58).
2. Марюта А.Н. Контроль качества минерального сырья / А.Н. Марюта, П.К. Младецкий, П.А. Новицкий. – К.: Техніка, 1976. – 220 с.
3. Стадкевич А.А., Харитоненко А.Ф., Ключко А.Ф. Магнитные весы для определения содержания магнитного железа в ферромагнитных материалах – «Горный журнал», №9, 1970.
4. А.с. 351183 СССР, МКЛ³. G 01g 33/12. Устройство для определения содержания ферромагнитных соединений железа в рудах / С. К. Гребнев, А. И. Кистина, Е. С. Полешко, Л. Г. Притеева, А. П. Шадрина, В. П. Герашенко, Н. Л. Калинин, П. А. Тащиенко, А. Е. Бухин, П. И. Папушев, А. В. Иванова, Е. П. Березанский (СССР). - №1607885/26-25; заявл. 12.01.1971; опубл. 13.09.1972, Бюл. № 27.
5. Новохатко В.И., Кондратец В.А., Гуленко Т.И. Измерение содержания магнитного железа в продуктах обогащения в поле электромагнитной катушки. – в сб.: «Горная электромеханика и автоматика». Вып. 20. Харьков. Изд-во ХГУ, 1972.
6. Кучер В.Г. Автоматизация процессов опробования пульповых продуктов на обогатительных фабриках. Бюллетень научно-технической информации Черная металлургия. — М., № 9, 1989. – С. 2-18.
7. Кучер В.Г. Автоматизированный пробоотбор на обогатительных фабриках черной металлургии / Кучер В.Г., Суртаев В.М. - «АСУТП в черной металлургии». М., «Металлургия», 1982. С.20-24.
8. Кучер В.Г. Автоматизированный пробоотбор на обогатительных фабриках черной металлургии / Кучер В.Г., Дорогая Л.Б., Кучма Н.И. и др. Автоматизированный пробоотбор продуктов обогащения. Бюл. ЦНИИЧМ №7(1035), 1987, с.39-40.
9. Контроль содержания магнитного железа в пульповых продуктах рудообогатительной фабрики / [Азарян А.А., Кучер В.Г., Цыбулевский Ю.Е., Швец Д.В.]. – INTERNATIONAL ACADEMY JOURNAL «Web of Scholar», Киев, №1(10), 2017, С.9-12.
- 10 Марюта А. Н., Качан Ю. Г., Бунько В. А. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик. – М.:Недра, 1983 – 277с.

Рукопись поступила в редакцию 15.03.17.

УДК 621.01: 681.3: 658.5

А.В. ПІКІЛЬНЯК, канд. техн. наук., доц., Криворізький національний університет

РОЗРОБКА ЗАСОБІВ ВИЗНАЧЕННЯ АДГЕЗІЙНОЇ МІЦНОСТІ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Метою роботи є розробка засобів оперативної атестації адгезійної міцності тонкоплівкових покриттів на основі інформаційних технологій.

У роботі представлено дослідження **методів** отримання тонкоплівкових покриттів, аналіз міжнародних та вітчизняних стандартів вимірювання механічних властивостей цих покриттів. Проаналізовані основні властивості тонкоплівкових покриттів, які впливають на експлуатаційні характеристики виробів в цілому і підлягають атестації, до яких: товщина, адгезія, фізико-механічні характеристики, суцільність, параметри зносу, параметри шорсткості, енергія адгезійної взаємодії.

Елементом **наукової новизни** є розробка нового підходу до визначення міцності зчеплення тонкого плівкового покриття з використанням нечіткої логіки. Цей підхід в основному зосереджений на нано і мікро тонких плівках з використанням встановлених міжнародних стандартів для оцінки адгезійної міцності. З метою кількісної оцінки адгезійних характеристик покриття серед багатьох методів використовується скреч-тестування. Міжнародні стандарти використані в якості моделей/шаблонів для налаштування нечіткої експертної системи, яка може бути використана для визначення якості практичної міцності адгезії. Представлені результати імітаційного моделювання в пакеті Matlab. Крім того, в цьому процесі використані методи штучного інтелекту, реалізовані в наборах інструментів Matlab. Враховується вплив різних параметрів покриття на адгезійну міцність. В даному дослідженні вихід (якість адгезії) був пов'язаний із вхідними змінними: критична сила, товщина покриття, величина прикладеного навантаження, швидкість зсуву, шорсткість поверхні, коефіцієнт тертя, радіус, знос і пошкодження наконечника. Кожен вхідний і вихідний параметр фазифіковано чотирма лінгвістичними змінними з використанням трикутної функції приналежності. Для визначення величини адгезії використовується 24 нечітких правила. **Практична цінність** роботи полягає у вирішенні двох основних проблем, які зустрічаються в процесі нанесення покриттів: економія та оптимізація.

Результатом досліджень є розробка **методу** визначення трибологічних властивостей (адгезії) на основі **методу** дряпання поверхні з використанням нечіткої логіки.