

5. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов.-М.: Машиностроение, 1964.-252с.

6. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механик.-Том II.-М.: Наука, 1983.-840с.

7. Разработка пакета программ по расчету перегрузочных узлов горнотранспортного оборудования/Рук. Новиков Е.Е.//Отчет о НИР /АН УССР. Ин-т геотехнической механики: ГР 0100002459.-Днепропетровск, 1990.-44с.

УДК 622.01.013

Б.Д. Алымов

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНЫХ СРЕД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕРАТОРОВ ВОДЯНОЙ ПЛАЗМЫ

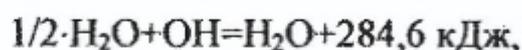
Показані шляхи інтенсифікації процесів плазмового руйнування гірничих порід і переробки мінеральних середовищ. Використання водяної плазми забезпечує створення екологічно чистих технологій і дозволяє підвищити продуктивність процесу руйнування гірських порід. Бібліогр.: 4 найм.

На основании теоретических и экспериментальных исследований процессов плазменного разрушения крепких горных пород ИГТМ НАН Украины созданы и испытаны в промышленных условиях установки УПС, УПОГ, предназначенные для расширения взрывных скважин при подземной добыче крепких руд, создания компенсационных полостей при проходке восстающих выработок, поверхностной обработке горных пород - гранитов при производстве из них архитектурно-строительных изделий.

Испытания установок в промышленных условиях показали, что наряду с высокой эффективностью они обладают следующими недостатками: токсичностью воздушной плазменной струи, невысоким к.п.д. передачи энергии горной породе. Это обуславливает проведение дополнительных технических мероприятий при их эксплуатации в подземных условиях -

организации специальных схем проветривания, применения плазмотронов повышенной мощности.

Создание плазменных технологий, отвечающих современным требованиям экологии окружающей среды, возможно на основе использования электродуговых генераторов водяной плазмы. Обеспечивая нетоксичность плазменных потоков, водяная плазма позволяет интенсифицировать процесс теплообмена по сравнению с воздушной за счет более высоких значений коэффициентов теплообмена термически диссоциированного водяного пара (при $T=3000$ К, $P=0,1$ МПа теплоемкость диссоциированного водяного пара равна 17,4, воздуха 2,7 кДж/кг·К) и выделения энергии при рекомбинации продуктов диссоциации воды при охлаждении газа на поверхности нагрева [1]



Конструкции электродуговых плазмотронов со стабилизацией дуги водяным вихрем, разработанные фирмами "Плазмодайн" (США), "Аквацентр" (Чехословакия), характеризуются сложностью и громоздкостью конструкции (вращающийся дисковый анод, движущийся расходуемый катод), трудностью зажигания дуги, низким ресурсом работы катода.

Исследования ИГТМ НАН Украины, энергетического института (Казахстан), института технической физики АН России показали, что для увеличения ресурса работы электродов, улучшения процесса стабилизации дуги целесообразно вводить воду в плазмотрон в виде водяного пара с температурой 500-570 К, а температура стенок входного участка электрода должна быть выше температуры водяного пара.

ИГТМ НАН Украины разработаны конструкции плазменных генераторов с паровихревой стабилизацией дуги мощностью 50-180кВт. В качестве источника генерации водяного пара используется малогабаритный электрический парогенератор электродного типа. Для увеличения ресурса работы электродов, снижения энергозатрат на нагрев водяного пара до температур 500-550 К в конструкциях использованы

эффект расщепления дугового разряда, регенеративное охлаждение начальных участков электродов водяным паром с температурой 290-300 К с нагревом его до температур 500 К в полости охлаждения электродов.

Получены обобщенные уравнения вольтамперной характеристики и теплового к.п.д. плазмотрона линейной схемы с паровихревой стабилизацией дуги, позволяющие вести расчет параметров плазмотрона в диапазоне мощностей 50-200 кВт:

$$U^+ = 5,5 \cdot 10^4 (J^2 / G \cdot d)^{-0,24} (G / d)^{0,21},$$

$$\frac{1-\eta}{\eta} = 3,5 \cdot 10^{-5} (J^2 / G \cdot d)^{-0,25} (G / d)^{0,28} (pd)^{0,4} (l / d)^{0,5}.$$

Формулы справедливы в диапазонах изменения определяющих критериев и параметров

$$J^2 / G \cdot d = (0,7-14) \cdot 10^8 \text{ А}^2 \cdot \text{с} / \text{м} \cdot \text{кг}; \quad G / d = (0,3-0,9) \text{ кг} / \text{м} \cdot \text{с};$$

$$l / d = 8-12; \quad p / d = (1,5-10,7) \cdot 10^5 \text{ Па} \cdot \text{м}$$

и обеспечивают обобщение результатов с точностью $\pm 10\%$.

Эффективность процесса термического разрушения горных пород определяется параметрами теплообмена на границе газ-разрушаемая среда. Экспериментальные исследования по определению параметров теплообмена водяной плазмы осуществлялись в искусственных скважинах диаметром 105, 200 мм, состоящих из отдельных калориметрических и измерительных секций, позволяющих определять температуру газа в пристеночном слое и удельный тепловой поток.

Установлено, что при одинаковых мощностях и расходах плазмообразующих газов ($N=60$ кВт, $G=4 \cdot 10^{-3}$ кг/с) удельный тепловой поток, вводимый в стенки искусственной скважины, в 1,5-2,0 раза выше, чем у воздушной. При продольном обтекании стенок скважин воздушным плазменным потоком к.п.д. процесса передачи энергии (на длине 1 м) составляет 25-30%, а при течении термически диссоциированного водяного пара к.п.д. достигает 45-50%.

Исследования спектрального состава плазменных струй показали, что спектр излучения водяной плазмы содержит резонансные линии Си, Нf, полосы радикала ОН, Н₂О, линии О, О₂, Н, Н₂, линии водорода серии Бальмера Н_α, Н_γ, Н_β, Н_δ. Наличие большого количества возбужденных

атомов и молекул свидетельствует о высокой излучательной способности плазмы. Плотность лучистого потока плазменной струи, измеренной радиационной термопарой РТН-10С на расстоянии 5 см от контура струи составила $4 \cdot 10^3$ Вт/м².

Испытание плазменного расширителя скважин мощностью 180кВт с паровихревой стабилизацией дуги на шахте им. Ленина п/о "Кривбассруда" показали, что при его работе в атмосфере выработки отсутствуют токсичные соединения - NO, CO. Производительность процесса плазменного расширения скважин до диаметра 250 мм в магнетитовых кварцитах составила 0,35 м³/ч и превышала в 1,3 раза производительность плазменного расширителя с воздушно-вихревой стабилизацией дуги.

Высокая энтальпия водяной плазмы, специфический состав возбужденных атомов и молекул газа обуславливает перспективность ее применения в технологических процессах переработки минеральных сред, в частности, в процессах воспламенения и газификации углей. В исследованиях процесса газификации высокосольных сернистых углей, выполненных ИТФ АН России, была достигнута 94-97% степень превращения углерода в синтез-газ. Состав полученного газа: H₂=61,6%, CO=35,2%, его калорийность 22800кДж/кг [2].

Интенсификация процессов в плазме зависит от ряда факторов. В частности, ускорение газификации может быть связано с высокой степенью колебательного возбуждения ими диссоциации газовой компоненты в неравновесной плазме [3]. Колебательное возбуждение молекул способствует их поверхностной диссоциации, неравновесному разогреву и испарению твердой фазы. Эти эффекты позволяют интенсифицировать, например, взаимодействие углерода с парами воды в процессе получения CO и H₂.

Неравновесную плазму можно получить путем воздействия лазерного излучения на плазму электрической дуги. Исследования ИГТМ НАН Украины показали, что лазерное воздействие (CO₂-лазер, $\lambda=10,6$ мкм) на приэлектродную область дугового разряда с частотами, соответствующими частотам резонансных ступеней возбуждения атомов и молекул

облучаемой плазмы, позволяет увеличить степень ионизации и температуру газа T_r ($\Delta T \approx 2000-2500$ K), колебательных температур молекул и радикалов, например $\Delta T(\text{CN}) \sim 3700$ K, а $\Delta T(\text{C}_2)$ - 4000 K, и, следовательно, обеспечить неравновесную плазму [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Льюис Б., Пиз Р.Н., Тейлор Х.С. Процессы горения. -М.: Госиздат физ. мат. лит-ры, 1961.-542с.
2. Георгиев И.Б., Михайлов Б.И. Газификация угля в плазме водяного пара // Химия высоких энергий, 1991.-Т.25.-№1.-С.76-80.
3. Легасов В.А., Русанов В.Д., Фридман А.А. Неравновесные плазмохимические процессы в гетерогенных системах//Химия плазмы. - М.: Атомиздат, 1978.-С.117.
4. Шумриков В.В., Алымов Б.Д. Физические предпосылки создания лазерного катода электродугового плазмотрона. Плазмотехнология. Сб. научн. трудов. Запорожье, 1997.-С.125-129.

УДК 622.233.916.25

Л.Т. Холявченко

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПЛАЗМЕННОГО РАСШИРЕНИЯ СКВАЖИН В ПРОЦЕССАХ ОТРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Приведені результати розробки, випробувань та впровадження в промислових умовах шахт ПО Кривбасруда технології та установки плазмового розширення вибухових та компенсаційних свердловин з діаметра 105 до 350-500 мм. Дана оцінка економічних показників подрібнення гірничого масиву з використанням технології плазмового розширення. Табл. 1. Бібліогр.: 4 найм.

Существенное улучшение технико-экономических показателей буровых работ при отработке крепких руд и магнетитовых кварцитов возможно созданием высокопроизводительной техники на основе новых