

**ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В ОБРАЗЦАХ
ГОРНЫХ ПОРОД ТАШТАГОЛЬСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

Е.К. Помишин, Л.В. Яворович

Научный руководитель: к.ф.-м.н. А.А. Беспалько

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: pomishin_evgeny@mail.ru

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF MECHANOELECTRICAL TRANSFORMATIONS IN
TASHTAGOLSKY IRON-ORE FIELD ROCK**

E.K.Pomishin, L.V. Yavorovich

Advisor: candidate of physical and mathematical sciences, A.A. Bespalko

National Research Tomsk Polytechnic University,

Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: pomishin_evgeny@mail.ru

Abstract. *Physical modeling in lab is approach of definition of main mechanical transformations behaviours in rock massive for choice of electromagnetical signals optimum characteristics and parameters of electromagnetical emission for developed approach of crush burst estimate. It is support connection between mechanoelectrical transformations characteristics and stress strain state of researched object. Physical modeling of mechanoelectrical transformations in the lab was made under a press by axial quasistatic compression of rock specimen up to destruction. During stressing applied injections of specimens using determined acoustic signals. For researches used model and real specimens of Tashtagolsky iron-ore field rock, such as ore and matrix rock.*

При отработке железорудных месторождений в массивах горных пород возникают катастрофические динамические явления в форме техногенных землетрясений, ударов горно-тектонического типа, обрушения больших масс горных пород и др. Освоение глубоких горизонтов и массовые взрывы рудных блоков обостряет проблему прогноза геодинамических проявлений. Для предупреждения этих явлений необходим надежный прогноз горно-геологических и геомеханических условий ведения горных работ.

Измерения, выполненные на образцах горных пород, показывают, что электромагнитное излучение (ЭМИ) является хорошим предвестником для определения максимальной прочности образцов и может быть использовано для мониторинга изменения напряженного состояния горного массива [1–3]. Однако, при изменении напряженно-деформированного состояния (НДС) горных пород, как для образцов в лабораторных исследованиях, так и для горных пород в массиве, процесс механоэлектрических преобразований происходит на всех этапах деформирования, начиная с момента зарождения микротрещин и заканчивая разрушением. В зависимости от этапа деформирования в характеристиках электромагнитных сигналов (ЭМС) присутствуют свои особенности. Ранее было показано, что генерация ЭМС в горных породах вызывается как эффектами, связанными с образованием микротрещин, так и с

прохождением акустических волн через них, которые вызывают колебания заряженных дефектов. При этом, как будет показано ниже, влияние свойств материала при возбуждении ЭМС при помощи акустических волн подобно влиянию свойств материала на параметры ЭМС, которое возбуждается при механическом воздействии. В представленной работе возбуждение ЭМС создавалось при прохождении акустического сигнала на различных этапах напряженно-деформированного состояния образцов.

В связи с этим целью данной работы является установление влияния механических свойств образцов горных пород на параметры ЭМС, возбуждаемого детерминированным акустическим сигналом.

Экспериментальные исследования

Исследуемые образцы реальных горных пород были отобраны на Таштагольском железорудном месторождении. Образцы вырезались из кренового материала и имели форму цилиндра диаметром 42 мм и высотой 80 мм. Перед проведением исследований торцевые стороны образца сошлифовывались до плоскопараллельности. Это обеспечивало соосность образца и плит пресса и равномерность распределение нагрузки на торцевую поверхность образца. В таблице 1 приведены петрографические особенности исследуемых образцов.

Таблица 1

Петрографические данные исследуемых образцов №5 и №13

№ образца	Масса образца, г	Плотность образца, г/см ³	Объем образца, см ³	Объем магнетита, см ³	Масса магнетита в образце, г	Содержание магнетита в образце, %	Предел прочности на сжатие, кН
5	399	3,66	109	33	172	43	261
13	434	3,98	109	50	256	59	131

В процессе одноосного сжатия образцов от начала приложения нагрузки и через 30-40 кН до разрушения проводилось десятикратное детерминированное акустическое возбуждение. В наших экспериментах исследуемые образцы имели различия в текстурном строении, наблюдались трещины различной ориентации и размеров, залеченные и незалеченные кальцитом. В результате, неоднородность состава, включения, дефектность приводит к увеличению количества и протяженности двойных электрических слоев, а значит к увеличению количества диполей, излучающих электромагнитные импульсы. При акустическом воздействии на такие образцы это обстоятельство способствует активному переходу механической энергии в энергию электромагнитного поля, что выразилось в увеличении амплитуды спектральных составляющих ЭМС в наших экспериментах. На рис. 1 приведены зависимости амплитуды ЭМО от этапа нагружения для образца №13 (а) и образца №5 (б).

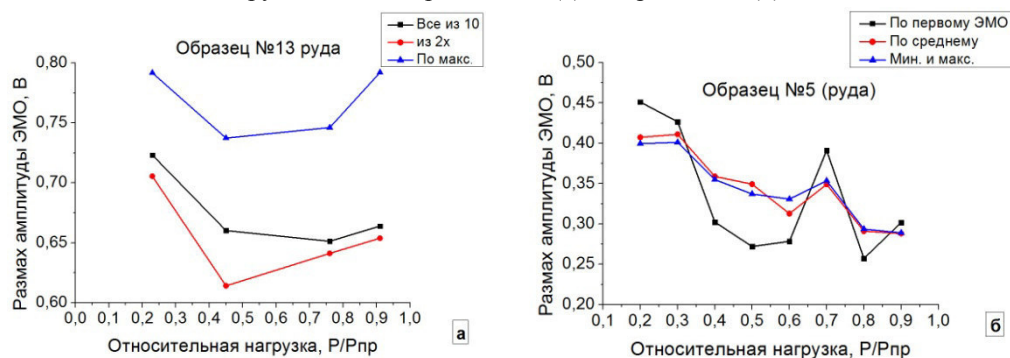


Рис. 1. Зависимости амплитуды электромагнитного отклика от этапа нагружения одноосным сжатием образцов №13(а) и №5(б)

Анализируя полученные результаты, следует отметить, что независимо от того, сколько производится акустических возбуждений, тенденция изменения амплитуды электромагнитных откликов (ЭМО) сохраняется. Так, для образца №13, имеющего в своем составе 59 % магнетита с увеличением нагрузки амплитуда сначала уменьшается до нагрузки $0,45 P_{пр}$. Начиная с этой нагрузки, амплитуда ЭМО начинает увеличиваться. Это продолжается до достижения образцом предельной прочности, которая составила 131 кН. Для образца №5, имеющего в своем составе меньше магнетита, по сравнению с образцом №13, т.е. 43%, ход зависимости амплитуды от этапа нагружения при одноосном сжатии на начальных этапах повторяет представленный на рис.1 (б). В начале нагружения наблюдается уменьшение амплитуды ЭМО, которое продолжается до нагрузки $0,5 P_{пр}$. После этой нагрузки наблюдается увеличение амплитуды до нагрузки $0,7 P_{пр}$ и затем опять уменьшение амплитуды. Перед разрушением амплитуда ЭМО растет. Такое некоторое отличие в амплитуде электромагнитных откликов для образцов с разным содержанием магнетита, можно объяснить тем, что предельная прочность этих образцов разная. Для образца №13 она составила 131 кН, а для образца №5 - 261 кН. По предельной прочности эти образцы отличаются в два раза. Известно, что на прочность горных пород большое влияние оказывают такие факторы, как структурно-текстурное строение, наличия включений, имеющих различную прочность, пор, залеченных и незалеченных трещин. И чем больше неоднородностей, тем меньше предельная прочность, а значит больше источников механоэлектрических преобразований. Из представленных на рис.1 экспериментальных результатов видно, что для образца №13, имеющего меньшую предельную прочность, амплитуда ЭМО больше, по сравнению с образцом №5, имеющего предельную прочность 261 кН. Увеличение амплитуды ЭМО образца №5 на нагрузке $0,7 P_{пр}$ указывает, что на этом этапе нагружения произошло формирования очага разрушения, которое отмечается повышением электромагнитной активности. Для образца №13 такой зависимости не наблюдается, т.к. подготовка к разрушению этого образца началось сразу же от начала одноосного сжатия.

Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что чувствительность к дефектности ЭМС при многократном прохождении акустической волны возбуждения через объект контроля позволяет отслеживать эволюцию накопления дефектов в условиях НДС. При этом создаются предпосылки к разработке метода мониторинга состояния объекта с точки зрения его разрушения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках проектной части государственного задания в сфере научной деятельности и гранта РФФИ № 14-08-00395.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. Frid, K. Vozoff, Electromagnetic radiation induced by mining rock failure, Inter. J. Coal Geol., 64 (1-2) (2005) 57–65.
2. P. Koktavy, Experimental study of electromagnetic emission signals generated by crack generation in composite materials, Meas. Sci. Technol., 20 (1) (2009) 015704.
3. A. A. Bespal'ko, L. V. Yavorovich, E. E. Viitman, P. I. Fedotov, V. A. Shtirts, Dynamoelectric energy transfers in a rock mass under explosion load in terms of the Tashtagol mine, J. Min. Sci., 46 (2) (2010) 136-142.