

УДК 622.235

Дослідження динаміки тріщиноутворення у твердому тілі під впливом поверхнево-активної речовини

Кулинич В.Д., Воробйов В.В., Воробйова Л.Д., Пєєва І.Е.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

Анотація: Запропоновано метод для оцінки тріщиноутворення у твердому тілі. Обґрунтовано необхідність дослідження характеру розподілу тріщин. На основі ефекту Ребіндера запропоновано метод керування характером тріщиноутворення, використовуючи поверхнево-активні речовини. Розглянуто руйнування ударом та вибухом зразків, попередньо оброблених водою та поверхнево-активною речовиною. Встановлено, що при попередній обробці скляних пластин розчином ПАР простежується більш рівномірний розподіл тріщин при ударі, що може стати основою припущення про те, що при використанні ПАР при веденні буровибухових робіт істотно покращиться якість дроблення і знизиться вихід негабаритних фракцій. При розгляді зразків, які наситились розчином ПАР видно, що система тріщин після вибуху тільки збільшилася, з'явилися дрібні тріщини, які з'єднують великі. У разі використання води ми також бачимо посилення тріщинуватості, але воно не таке інтенсивне і рівномірне, як у випадку попереднього використання ПАР. Такий результат також підтверджує той факт, що попереднє насичення середовища розчином ПАР перед імпульсними навантаженнями сприяє більш рівномірному дробленню в подальшому і дає підставу для проведення експериментів на об'ємних моделях в цьому напрямку.
Ключові слова: гірська порода, поверхнево-активні речовини, вибух, удар, тріщиноутворення.

Одним із основних етапів у технології видобутку корисних копалин є буровибухові роботи, які задають інтенсивність і рівномірність дроблення, а, отже, і ефективність подальших технологічних процесів переробки мінеральної сировини. Екскавація, механічне дроблення й інші операції гірничого виробництва безпосередньо залежать від якості вибухової підготовки гірничої маси. Під час відбійки гірських порід вибухом процес дезінтеграції, зумовлений розвитком як природніх мікро- та макротріщин так і тих, що утворились, супроводжується послабленням міжзернових зв'язків, збільшенням довжини деяких мікротріщин, які не отримали достатнього розвитку, накопиченням нових дефектів кристалічної структури і, як наслідок, зміною міцності кусків гірничої маси, що утворюються. У деяких випадках це сприяє зниженню енергоємності подальших процесів технологічної переробки матеріалу (виробництво щебеню, в'язучих матеріалів, вапна).

Зміна міцності з плином часу після вибухового впливу пов'язана з газодинамічними процесами в макро- та мікротріщинах за рахунок проникнення в них продуктів детонації. У природних умовах ефект зміни властивостей порід має неконтрольований, часом випадковий характер. Кероване збільшення щільності мікротріщин і контрольоване зниження міцності властивостей неоднорідної породи на період проведення технологічних процесів може суттєво підвищити їх ефективність. Для розв'язання цього питання можна запропонувати такий перспективний і, в той же час, недостатньо вивчений напрям, як зміна поверхневої енергії гірського масиву, яка основана на ефекті Ребіндера та пов'язана з процесами адсорбції [1].

Метою дослідження є оцінка поведінки твердого середовища при його попередній обробці розчином поверхнево-активної речовини.

В роботі [2, 3] встановлено, що попередня обробка гірської маси розчином поверхнево-активної речовини (ПАР) істотно поліпшує якість дроблення та знижує її показники міцності, однак необхідно також розуміти характер розподілу тріщин для подальшого прогнозування.

Для того, щоб візуально оцінити поведінку твердого середовища при попередній обробці розчином ПАВ, проводилася серія експериментів на скляних пластинах. На рис. 1 представлена схема експериментальної установки.

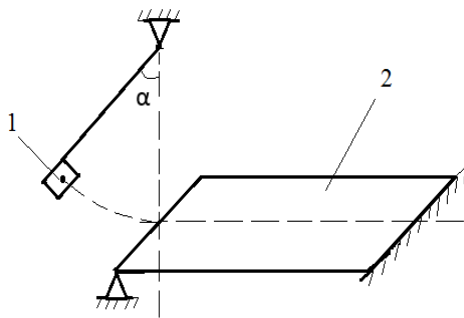


Рис. 1. Схема експериментальної установки для руйнування скляних пластин: 1 – бойок; 2 – пластина



Рис. 2. Характер тріщиноутворення еталонного зразка

Таблиця 1. Характер тріщиноутворення скляних пластин

Тривалість обробки, год	Вода	ПАВ
1		
6		
12		

Скляні пластини встановлювали і фіксували на гумових опорах. За допомогою металевої осі, з'єднаної з ниткою, здійснювався удар в торцеву частину скляної пластини (по аналогії з копром). Висота відведення металевої осі і зусилля були фіксованими.

На рис. 2 представлено еталонний зразок після удару, який попередньо нічим не оброблявся. Характер руйнування незначний. Є дві великі наскрізні тріщини, дрібна тріщинуватість у зоні удару відсутня.

Далі для порівняння проводилися випробування скляних пластин, які попередньо насичувались водою або розчином ПАВ (табл. 1).

На пластинах, попередньо насичених водою, тріщинуватість має хаотичний характер. Згодом вона безумовно збільшується, але при попередньому насиченні протягом 6 годин ми бачимо три великі тріщини і невелику сітку дрібних в зоні удару, при 12 годинах – отримали 4 великі тріщини і три менших розмірів, зона удару зруйнована практично повністю. При попередньому насиченні скляних пластин розчином ПАВ протягом однієї години картина тріщин схожа з тими, які наситились водою. Але при попередньому насиченні протягом довшого терміну з'являється більша кількість довгих тріщин (6 год – 8 великих тріщин і значне руйнування зони удару; 12 годин – 9 тріщин рівномірно розподілених по території пластини).

Безсумнівно, при попередній обробці скляних пластин розчином ПАВ простежується більш рівномірний розподіл тріщин, що може стати основою припущення про те, що при використанні ПАВ при веденні буровибухових робіт істотно покращиться якість дроблення і знизиться вихід негабаритних фракцій.

На наступному етапі необхідно було оцінити характер розповсюдження тріщин на таких самих скляних пластинах, які піддавались імпульсному навантаженню. На торцевій частині пластини встановлювали накладний заряд, який ініціювали мікродетонатором. Для порівняння експерименти

проводилися на еталонних зразках і тих, які піддавалися попередній обробці розчином ПАР і води. Еталонний зразок, що не піддавався попередній обробці зображений на рис. 3.









Рис. 3. Характер руйнування зразка, що не піддавався попередній обробці

Для порівняння фотографії зруйнованих пластин, які попередньо оброблювалися ПАР або водою, наведені в табл. 2.

На зображеннях таблиці чітко простежуються відмінності в характері поширення тріщин. Сітка тріщин зразків, попередньо оброблених розчином ПАР, є значно насиченішою, їх кількість і розгалуженість також набагато більша, що свідчить про якісніше руйнування. Якщо на еталонному зразку і зразку, обробленому водою і підірваному відразу ми бачимо досить сильне руйнування в зоні біля заряду і всього лише п'ять відносно довгих тріщин, то в зразках, оброблених розчином ПАР, навіть без попереднього насичення кількість великих

тріщин сім і існують дрібні тріщини. Також простежується більш рівномірне їх поширення і віддалення від місця докладання заряду.

Таблиця 2. Характер поширення тріщин в скляних пластинах після попередньої обробки водою або розчином ПАР

Тривалість обробки, год.	ПАР	Вода
0		
1		
24		

При розгляді зразків, які наситилися розчином ПАР видно, що система тріщин після вибуху тільки збільшилася, з'явилися дрібні тріщини, які з'єднують великі. У разі використання води ми також бачимо посилення тріщинуватості, але воно не таке інтенсивне і рівномірне, як у випадку попереднього використання ПАР.

Висновки

Такий результат також підтверджує той факт, що попереднє насичення середовища розчином ПАР перед імпульсними навантаженнями сприяє більш рівномірному дробленню в подальшому і дає підставу для проведення експериментів на об'ємних моделях в цьому напрямку.

Список літератури

1. Ребиндер П. А., Калиновская Н. А. Понижение поверхностной энергии и твердости адсорбционными слоями. Журнал физической химии. Москва : Наука, 1934, т.5, №2. С. 332 – 357.
2. Лемижанская В.Д., Долударева Я.С., Козловская Т.Ф., Комир А.И. Влияние поверхностно-активных веществ в зоне разрушения горных пород на интенсивность их дробления при воздействии импульсных нагрузок. Науковий вісник Національного гірничого університету. Дніпро : НГУ, 2012. № 4(130). С. 93–97.
3. Kulynych V.D., Vorobyov V.V. On the influence of surface-active substances on the speed change of the mechanical processing of rocks. Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва: науково-виробничий збірник. Кременчук : КрНУ, 2017. Вип. 1/2017(19). С. 28–32

Crack formation dynamics investigation of in a solid body under the surfactant influence

Kulynych V., Vorobyov V., Vorobyova L., Pieieva I.

Abstract. A method for estimating crack formation in a solid is proposed. The necessity the crack formation dynamics investigation is substantiated. Based on the Rebinder effect, a method for controlling the cracking nature using surfactants is proposed. The destruction by impact and explosion of samples pre-treated with water and surfactant is considered. It is established that pre-treatment of glass plates with surfactant solution shows a more uniform cracks distribution on impact, which may be the basis for the assumption that the surfactants use in blasting will significantly improve the crushing quality and reduce the oversized fractions yield. When examining the samples, which were saturated with surfactant solution, it is seen that the cracks system only increased after the explosion, small cracks appeared, which connect large ones. In the case of water use, we also see an increase in cracking, but it is not as intense and uniform as in the case of surfactants previous use. This result also confirms the fact that the pre-saturation of the medium with a surfactant solution before the pulse loads contributes to a more uniform crushing in the future and provides a basis for experiments on three-dimensional models in this direction.

Keywords. Rock, surfactants, explosion, impact, cracking.