

## مقایسه روش های آتشباری استفاده از فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی در معادن روباز

حسن مومیوند

استادیار دانشکده فنی، دانشگاه ارومیه، [h.moomivand@mail.urmia.ac.ir](mailto:h.moomivand@mail.urmia.ac.ir)

### چکیده

فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی به طور وسیع در معادن روباز به کار گرفته می شوند. برای خرج ویژه معین، عواملی همچون قطر چال و طول چال در فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی مؤثر هستند، فتیله ویژه، چاشنی ویژه، قیمت تمام شده فتیله انفجاری و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی با افزایش قطر و طول چال کاهش می یابند. نتایج نشان داد که برای خرج ویژه ۰.۵۱ کیلوگرم بر مترمکعب، قطر چال ۱۱۰ میلیمتر و طول چال ۱۲ متر، قیمت تمام شده فتیله انفجاری ۳.۰۴ برابر قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی است. نسبت قیمت تمام شده فتیله انفجاری به قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی با افزایش هر دو پارامتر قطر چال و طول چال افزایش می یابد. اختلاف قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی در چال های قطور و طویل بسیار بالاتر است. ترجیح داد می شود در چال های قطور و طویل با تعداد چال کم، از چاشنی الکتریکی استفاده شود اما در چال های داری قطر و طول کم و با تعداد زیاد به علت موضوع ایمنی و اقتصادی در آتشباری، از فتیله انفجاری استفاده شود.

کلمات کلیدی: چاشنی الکتریکی، فتیله انفجاری، قطر چال، طول چال، قیمت تمام شده

## Comparison between Using Detonating Cord and Electric Detonator in Surface Mines

H. Moomivand

### Abstract

Detonating cord and electric detonator are used extensively in surface mines. Some factors such as blasthole diameter and blasthole length affect the specific detonating cord, specific electric detonator, cost price of detonating cord and cost price of electric detonator for a particular determined powder factor. The values of specific detonating cord, specific electric detonator, cost price of detonating cord and cost price of electric detonator decrease with an increase of blasthole diameter and blasthole length. The results showed that cost price of detonating cord is 3.04 times of the cost price of electric detonator for a powder factor of 0.51 kg per m<sup>3</sup>, blasthole diameter of 110 mm and blasthole length of 12 m. The ratio of cost price of detonating cord to cost price of electric detonator increase with an increase of blasthole diameter and blasthole length. The different between cost price of detonating cord and cost price of electric detonator has high value when blasthole has high value of diameter and length. That is preferred to use detonating cord for blasthole of low value of diameter and length and high value of number for safety and economic reasons. That is also preferred to use electric detonator for blasthole of high value of diameter and length and low value of number.

**Keywords:** Detonating Cord, Electric Detonator, Blasthole Diameter, Length, Cost Price

## ۱- مقدمه

دو روش آتشیاری استفاده از فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه در معادن از جمله معادن ایران کاربرد وسیع و مرسوم دارند. این سؤال اکثر شرکت های آتشیاری و افراد دست اندرکار آتشیاری است که در چه شرایطی از فتیله انفجاری استفاده شود و در چه شرایطی از چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه استفاده شود؟ برای مقایسه قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه در این تحقیق به صورت مطالعه موردی ابتدا فتیله ویژه و چاشنی ویژه در دو معدن ایواوغلی و سیمان رشکان تعیین شده اند. سپس با داشتن فتیله ویژه، چاشنی ویژه و هزینه یک متر فتیله انفجاری و هزینه یک عدد چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه، قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه قابل محاسبه است. همچنین پارامترهای چال انفجار که در فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی مؤثر هستند در این تحقیق بررسی شده است. نشان داده می شود که در چه شرایطی از فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه استفاده شود.

## ۲- تعیین فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی

موضوع تعیین فتیله ویژه، چاشنی ویژه، قیمت تمام شده فتیله انفجاری و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه در معدن سنگ گچ ایواوغلی و معدن سنگ آهک سیمان رشکان مورد بررسی قرار گرفت. استخراج سالیانه معدن ایواوغلی حدود یک صد بیست هزار تن بوده و فاقد انبار مواد منفجره است. پارامترهای چال های انفجار در این معدن با ملاحظه منابع مختلف [۱]-[۲]-[۳]-[۴]، ویژگی های توده سنگ [۵]-[۶] و تجربه حاصل از ۵۰ انفجار، قبلاً مطابق جدول (۱) تعیین شده اند. استخراج سالیانه معدن سیمان رشکان بیش از یک میلیون تن است و دارای انبار مواد منفجره است. حدود ۶۹ مرحله عملیات چالزنی و آتشیاری سالیانه در این معدن انجام می شود. پارامترهای چال های انفجار در این معدن بر اساس منابع مختلف، ویژه گی های توده سنگ و تجربه حاصل از انفجار های متعدد نیز قبلاً مطابق جدول (۱) تعیین شده اند. ماده منفجره اصلی در هر دو معدن آنفو با وزن مخصوص ۸۳۰ کیلو گرم بر متر مکعب است. در هر دو معدن ذکر شده هم از فتیله انفجاری و هم از چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه استفاده شده است. در معدن ایواوغلی از حدود ۵۰ مرحله انفجار انجام شده، در ۴۷ مرحله انفجار از فتیله استفاده شده است. اما در معدن سیمان رشکان در صد ها مرحله انفجار از چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه استفاده شده است و تنها در کمتر از ۱۰ مرحله انفجار از فتیله انفجاری به طور استثنائی استفاده شده است. در معدن ایواوغلی در هر مرحله عملیات چالزنی و آتشیاری تعداد حدود ۹۰۰ حلقه چال حفر و آتشیاری می شود اما تعداد چال ها در هر مرحله عملیات چالزنی و آتشیاری در معدن سیمان رشکان حدود ۳۰ حلقه است.

جدول ۱- شبکه چال ها، فاصله چال ها (S)، بار سنگ (B)، قطر چال ها ( $\phi_h$ ) طول چال ها (H)، طول گل گذاری ( $S_t$ )، اضافه حفر چال (U)، ارتفاع پله (K)، زاویه چال با جهت قائم ( $\alpha$ )، وزن مخصوص ماده معدنی ( $\gamma_r$ )، حجم سنگ به ازای یک چال (V) و خرج ویژه (q) در معدن

ایواوغلی و سیمان رشکان

نام معدن	شبکه چال ها	S (متر)	B (متر)	$\phi_h$ (متر)	H (متر)	$S_t$ (متر)	U (متر)	K (متر)	$\alpha$ (درجه)	$\gamma_r$ (تن بر متر مکعب)	V (متر مکعب)	q (کیلو گرم بر متر مکعب)
ایواوغلی	مربع	۱،۵	۱،۵	۰،۰۶۴	۴،۵	۱،۵	۰،۵	۳،۷۹	۲۰	۲،۳	۸،۴۵۷	۰،۹۴۷
سیمان رشکان	مستطیل	۳،۷۵	۳،۵	۰،۱۱	۱۲	۳،۷۵	۱،۲۵	۹،۷۴	۲۵	۲،۵	۱۲۷،۸	۰،۵۱

با داشتن پارامترهای چال های انفجار می توان مصرف فتیله انفجاری برای هر چال و همچنین فتیله ویژه را تعیین نمود. را بطله بین پارامترهای چال های انفجار به منظور تعیین فتیله ویژه به شرح زیر است.

$$V = BSK \quad (1)$$

$$V = BS(H - U) \cos \alpha \quad (2)$$

$$L = H + h_1 + h_2 + S \quad (3)$$

$$F_{s1} = \frac{L}{V} \quad (4)$$

که در آن

V: حجم سنگ به ازای یک چال (مترمکعب)

B: بار سنگ (متر)

S: فاصله ردیفی چال ها (متر)

K: ارتفاع پله (متر)

H: طول چال (متر)

U: اضافه حفر چال (متر)

$\alpha$ : زاویه انحراف چال ها با جهت قائم (درجه)

L: طول فتیله به ازای یک چال (متر)

$h_1$ : طول قسمتی از فتیله که تا خورده و داخل پرایمر قرار داده می شود (متر)

$h_2$ : طول قسمتی از فتیله که در سر هر چال برای بستن صحیح به مدار فتیله که چال ها را به هم وصل می نماید لازم است (متر)

$F_{s1}$ : فتیله ویژه (متر بر متر مکعب)

با داشتن مقدار طول چال ها و فاصله چال ها برای معدن ایواوغلی در جدول (۱)، طول فتیله انفجاری (L) برای یک چال به صورت زیر محاسبه می شود.

$$L = H + h_1 + h_2 + S = 0.4 + 0.1 + 0.35 + 1/5 = 6/45 \text{ متر} \quad (5)$$

با استفاده از نتایج جدول (۱) در معدن ایواوغلی وزن سنگ به ازای یک چال برابر ۱۹,۴۵۲ تن، فتیله ویژه ( $F_{s1}$ ) برابر ۰,۷۶۳ متر بر متر مکعب سنگ (برابر ۰,۳۳۲ متر بر تن سنگ) است. در معدن ایواوغلی در بعضی انفجارها به جای فتیله انفجاری از چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه استفاده شد که مصرف چاشنی به ازای یک مترمکعب سنگ ( $D_{s1}$ ) برابر ۰,۱۱۸ و مصرف چاشنی به ازای یک تن سنگ برابر ۰,۰۵۱ است.

هر متر فتیله انفجاری بر اساس قیمت سال ۱۳۸۲ برابر ۲۹۷۰ ریال است و هر عدد چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه بر اساس قیمت سال ۱۳۸۲ برابر ۱۰۱۲۰ ریال است. قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ( $CF_{s1}$ ) برابر ۹۸۶,۰۴ ریال بر تن، قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه ( $CD_{s1}$ ) برابر ۵۱۶/۱ ریال بر تن است. در این معدن قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ۲/۰۴ برابر قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه است. تا به حال در حدود ۴۷ مرحله انفجار در این معدن، از فتیله انفجاری استفاده شده است. در هر مرحله از انفجار به طور متوسط حدود ۲۰۰۰۰ تن ماده معدنی آتشیاری می شود. تفاوت هزینه فتیله انفجاری در هر انفجار با چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه ۲۱۴۳۸۰۰۰ ریال است.

بر اساس درخواست شرکت های آتشیاری در ۳ مرحله انفجار از چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه و بدون استفاده از فتیله انفجاری عملیات آتشیاری انجام شد. در یک مرحله از انفجار با چاشنی الکتریکی که تعداد چال ها حدود ۹۰۰ حلقه بود، بخشی از چال ها عمل نکردند. در چنین انفجاری که قرار بود حدود ۲۰۰۰۰ تن ماده معدنی خرد شده حاصل شود، حدود ۳۰۰۰ تن ماده خرد شده حاصل شد. چنین انفجاری نه تنها خسارت مالی بزرگی به معدن وارد نمود بلکه برای رهایی از چاشنی های عمل نکرده کارکنان معدن از نظر ایمنی با مشکل جدی مواجه نمود. طی سال ها تجربه در معادن مشابه چنین

اتفاقی مشاهده شده است. نتیجه نشان می دهد وقتی که تعداد چال از چند صد حلقه (حدود بیش از ۶۰۰ حلقه) بیشتر است احتمال دزد کردن آنها در روش استفاده از چاشنی الکتریکی بیشتر است. این مشکل بیشتر متوجه معادن کوچکی است که فاقد انبار مواد منفجره هستند و آتشباری آنها به صورت موردی انجام می شود. در چنین معادنی قطر چال ها کوچکتر بوده و در نتیجه تعداد چال ها بیشتر است. اینگونه معادن به تعداد بسیار زیادی در کشور وجود دارند.

با استفاده از نتایج جدول (۱) در معدن سنگ آهک سیمان رشکان به روش مشابه چاشنی ویژه برابر ۰,۰۰۷۸ چاشنی بر مترمکعب، فتیله ویژه برابر ۰,۰۹۷ متر بر متر مکعب و قیمت تمام شده چاشنی برابر ۳۱,۷۲ ریال بر تن و قیمت تمام شده فتیله انفجاری برابر ۹۶,۴ ریال بر تن حاصل شد. در این معدن قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ۳,۰۴ برابر قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه است.

نتایج نشان می دهد که چاشنی ویژه و فتیله ویژه، قیمت تمام شده چاشنی و قیمت تمام شده فتیله انفجاری در معدن سیمان رشکان نسبت به معدن ایواوغلی دارای مقادیر کمتری هستند. در معدن سیمان رشکان چال ها طویل تر، قطورتر و خرج ویژه کمتر است. خرج ویژه در یک معدن خاص و در بخش های مختلف آن خود موضوع پر اهمیتی است. در یک معدن یا بخش هایی از آن می توان خرج ویژه ثابتی داشت اما قطر چال ها و طول چال ها را تغییر داد. در یک معدن دارای خرج ویژه مشخص، قطر چال و طول چال پارامترهای مهمی هستند که بر چاشنی ویژه و فتیله ویژه، قیمت تمام شده چاشنی و قیمت تمام شده فتیله انفجاری مؤثر هستند.

### ۳- پارامترهای مؤثر در فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی

رابطه بین پارامترهای چال و فتیله ویژه برای شبکه مربع (B=S) به صورت زیر است.

$$F_{sl} = \frac{L}{V} = \frac{H + h_1 + h_2 + B}{BBK} \quad (6)$$

$$F_{sl} = \frac{H + h_1 + h_2 + B}{BB(H - U) \cos \alpha} \quad (7)$$

مقدار اضافه حفر چال (U) به طور متوسط در منابع مختلف برابر حدود یک سوم بار سنگ است [۱]-[۳]-[۷].

$$F_{sl} = \frac{H + h_1 + h_2 + B}{BB \left( H - \frac{B}{3} \right) \cos \alpha} \quad (8)$$

$$B = \phi_h \sqrt{\frac{\pi \gamma_e}{4q} \left( \frac{L_e}{K} \right)} = \phi_h \sqrt{\frac{\pi \gamma_e}{4q} m} \quad (9)$$

$$F_{sl} = \frac{H + h_1 + h_2 + \phi_h \sqrt{\frac{\pi \gamma_e}{4q} m}}{\phi_h^2 \frac{\pi \gamma_e}{4q} m \left( H - \frac{\phi_h \sqrt{\frac{\pi \gamma_e}{4q} m}}{3} \right) \cos \alpha} \quad (10)$$

$$CF_{sl} = \frac{F_{sl}}{\gamma_r} C_f \quad (11)$$

$$(12)$$

$$D_{sl} = \frac{1}{V} = \frac{1}{\phi_h^2 \frac{\pi \gamma_e}{4q} m \left( H - \frac{\phi_h \sqrt{\frac{\pi \gamma_e}{4q} m}}{3} \right) \cos \alpha}$$

$$CD_{s1} = \frac{D_{s1}}{\gamma_r} C_d \quad (13)$$

که در آن

$\gamma_e$ : وزن مخصوص ماده منفجره (کیلوگرم بر مترمکعب)

$L_e$ : طول خرج که برابر طول چال منهای طول گل گذاری است (متر)

$m$ : نسبت طول خرج به ارتفاع پله

برای معدن ایواوغلی با قرار دادن مقادیر پارامترهای زاویه چال با جهت قائم ( $\alpha$ )، وزن مخصوص ماده منفجره ( $\gamma_e$ )، خرج ویژه ( $q$ ) از جدول (۱) و مقدار  $m$  برابر ۰,۷۹۸ در معادلات (۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳)، مقادیر فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی به عنوان تابعی از قطر چال برای طول های مختلف چال قابل محاسبه است. تأثیر قطر چال در مقادیر فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی برای طول های مختلف چال به ترتیب در شکل های (۱، ۲، ۳، ۴) نشان داده شده است. نسبت قیمت تمام شده فتیله انفجاری به قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی به صورت زیر می توان محاسبه نمود.

$$R = \frac{CF_{s1}}{CD_{s1}} = \frac{\left( H + h_1 + h_2 + \phi_h \sqrt{\frac{\pi \gamma_e}{4q} m} \right) C_f}{C_d} \quad (14)$$

تغییرات نسبت قیمت تمام شده فتیله انفجاری به قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی به عنوان تابعی از قطر چال برای طول های مختلف چال معدن ایواوغلی در شکل (۵) نشان داد شده است. شکل (۵) نشان می دهد که قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی برای حالتی که قطر و طول چال دارای مقدار پایینی هستند، به یکدیگر نزدیک است. وقتی قطر و طول چال دارای مقادیر پایینی هستند، برای بالا بردن تناژ استخراجی در یک مرحله از چالزنی و آتشیاری، تعداد حلقه های چال انفجاری افزایش می یابد. این مصداق واقعی انفجار تعداد حدود ۹۰۰ حلقه چال به قطر ۶۴ میلیمتر و طول ۴,۵ در معدن ایواوغلی است. نسبت قیمت تمام شده فتیله انفجاری به قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی با افزایش قطر و طول چال افزایش می یابد (شکل ۵). وقتی قطر و طول چال دارای مقادیر بالایی هستند، با تعداد کمی چال انفجاری، تناژ استخراجی در یک مرحله از چالزنی و آتشیاری، بالا است. در این حالت که تعداد چال ها کمتر است، نه تنها استفاده از چاشنی الکتریکی دارای خطر کمتری است بلکه قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی بسیار پایین تر از قیمت تمام شده فتیله انفجاری است. بنا براین ترجیح داده می شود چال های دارای قطر و طول کمتر و با تعداد زیادتر با استفاده از فتیله انفجاری آتشیاری شوند و چال های دارای قطر و طول بیشتر و با تعداد کمتر با استفاده از چاشنی الکتریکی آتشیاری شوند.

#### ۴- نتیجه گیری

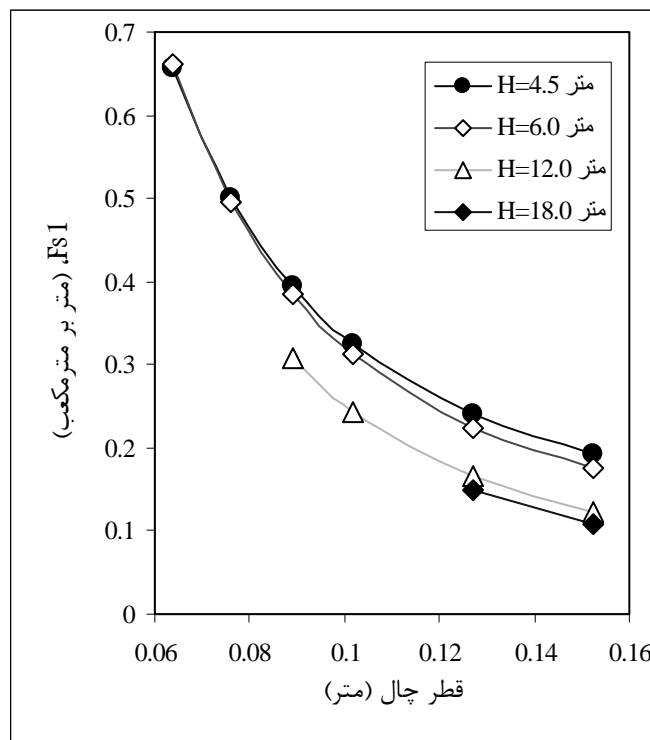
۱- در معدن ایواوغلی برای خرج ویژه ۰,۹۴۷ کیلو گرم بر متر مکعب، قطر چال ۶۴ میلیمتر، طول چال ۴,۵ متر، شبکه چال ها مربع به فاصله ۱,۵ متر، قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ( $CF_{s1}$ ) برابر ۹۸۶,۰۴ ریال بر تن و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه ( $CD_{s1}$ ) برابر ۵۱۶,۱ ریال بر تن است. در این معدن قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ۲,۰۴ برابر قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه است.

۲- در معدن سیمان رشکان برای خرج ویژه ۰,۵۱ کیلو گرم بر متر مکعب، قطر چال ۱۱۰ میلیمتر، طول چال ۱۲ متر، بارسنگ برابر ۳,۵ متر و فاصله چال ها برابر ۳,۷۵ متر، قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ( $CF_{s1}$ ) برابر ۹۶,۴ ریال بر تن و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه ( $CD_{s1}$ ) برابر ۳۱,۷ ریال بر تن است. در این معدن قیمت تمام شده فتیله انفجاری کورتکس ۳,۰۴ برابر قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی تأخیری میلی ثانیه است.

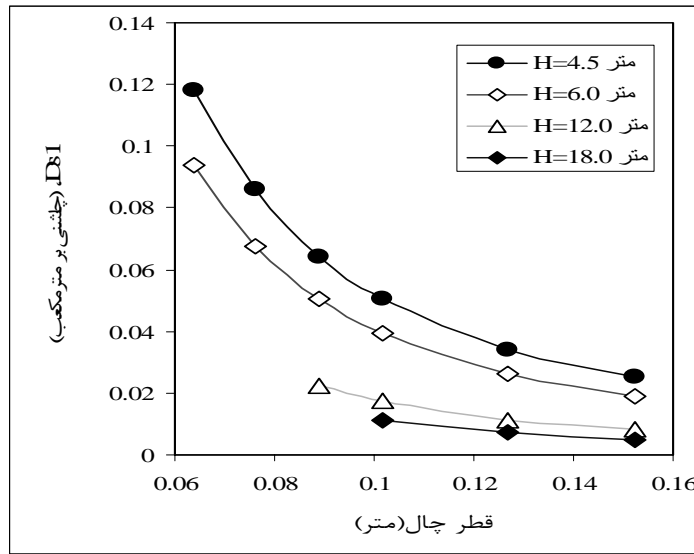
۳- هم چنانکه در معدن سیمان رشکان نسبت به معدن ایواوغلی خرج ویژه کمتر، چال ها طویل تر و قطورتر هستند، فتیله ویژه، چاشنی ویژه و قیمت تمام شده فتیله انفجاری و قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی بسیار پایین تر است.

۴- در یک معدن یا بخش هایی از آن خرج ویژه می تواند ثابت باشد، فتیله ویژه، چاشنی ویژه، قیمت تمام شده فتیله انفجاری و چاشنی الکتریکی با افزایش قطر و طول چال کاهش می یابند.

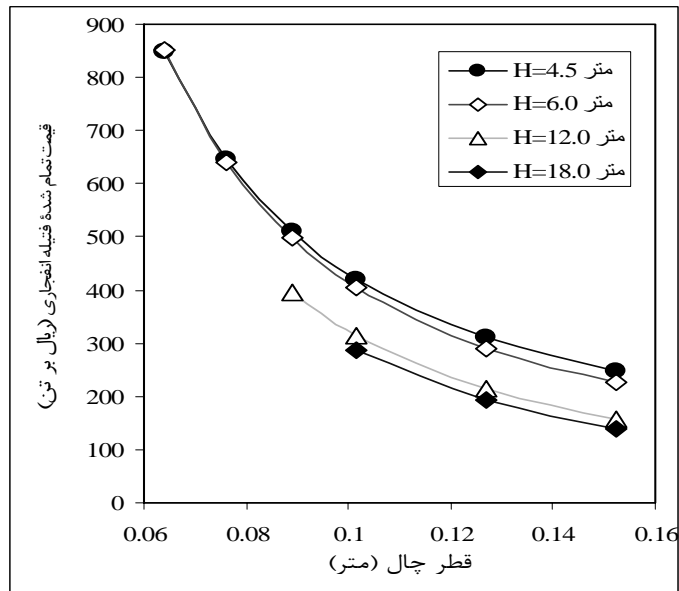
۵- نسبت قیمت تمام شده فتیله انفجاری به قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی با افزایش قطر و طول چال ها افزایش می یابد. وقتی که قطر و طول چال دارای مقادیر بالایی هستند با تعداد کمی چال انفجاری تناژ استخراجی در یک مرحله از چالزنی و آتشیاری بالا است. در این حالت که تعداد چال ها کمتر است، نه تنها استفاده از چاشنی الکتریکی دارای خطر کمتری است بلکه قیمت تمام شده چاشنی الکتریکی بسیار پایین تر از قیمت تمام شده فتیله انفجاری است. بنا براین ترجیح داده می شود چال های دارای قطر و طول کمتر و با تعداد زیادتر با استفاده از فتیله انفجاری آتشیاری شوند و چال های دارای قطر و طول بیشتر و با تعداد کمتر با استفاده از چاشنی الکتریکی آتشیاری شوند.



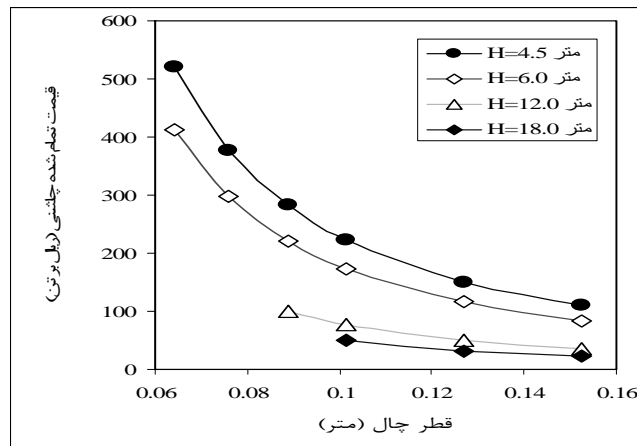
شکل ۱- تأثیر قطر چال انفجاری بر فتیله ویژه ( $F_{S1}$ ) برای چال های دارای طول های مختلف



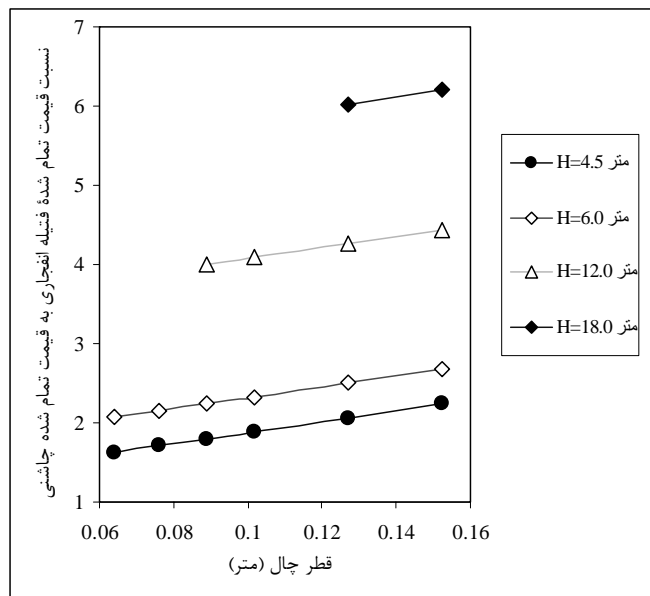
شکل ۲- تأثیر قطر چال انفجاری بر چاشنی ویژه ( $D_{s1}$ ) برای چال های دارای طول های مختلف



شکل ۳- تأثیر قطر چال انفجاری بر قیمت تمام شده فنیله انفجاری ( $CF_{s1}$ ) برای چال های دارای طول های مختلف



شکل ۴- تأثیر قطر چال انفجاری بر قیمت تمام شده چاشنی ( $CD_{s1}$ ) برای چال های دارای طول های مختلف



شکل ۵- تأثیر قطر چال بر نسبت قیمت تمام شده فتیله انفجاری به قیمت تمام شده چاشنی برای چال های دارای طول های مختلف

#### مراجع

- [1] Hustrulid, W. 1999, *Blasting Principles for Open Pit Mining, Volume 1- General Design Concepts* A. A. Balkema, p. 382.
- [2] Ghazvinian, A., Monjezi, M. and Nikudel, M.R. 2005, *Development on Blasting & Rock Fragmentation*, ed. by Tarbiat Modares University, Tehran, Iran, July 11-12.
- [۳] مومیوند، حسن؛ (۱۳۸۵) "پارامترها و روش های مختلف برآورد خرج ویژه و طراحی الگوی چال های انفجار"، مجله ژئوماین، سال دوم ش ۳، ص ۳۶ تا ۴۰.
- [4] Lopez Jimeno, C., Lopez Jimeno, F. and Ayala Carcedo, F.J. 1995, *Drilling and Blasting of Rock*, Translated by Visser De Ramivo, Y., A.A. Balkema, p. 387.
- [5] Lilly. P.A. 1986, "An empirical method of assessing rock mass blastability" Julius Kruttschnitt Mineral Research Center.
- [۶] مومیوند، حسن؛ (۱۳۸۴) "تأثیر ویژگی های توده سنگ در چالزنی و آتشیاری"، مجله ژئوماین، سال اول ش ۲، ص ۳۶ تا ۳۹.
- [۷] استوار، رحمت الله؛ (۱۳۷۳)؛ آتشیاری در معادن؛ جهاد دانشگاهی صنعتی امیرکبیر؛ تهران؛ جلد دوم، ص ۳۸۸.