

## بررسی خرد شونده‌گی سنگ‌ها در اثر انفجار در معدن سنگ آهن مرکزی ایران (چغارت)

حسین شریعت علوی<sup>۱</sup>؛ مهدی زارع<sup>۲</sup>؛ امین میخک بیرانوند<sup>۱</sup>؛ ابوالفضل قریب بلوک<sup>۲</sup> و هادی بجاری<sup>۱</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی استخراج معدن دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی اکتشاف معدن دانشگاه صنعتی شاهرود

### چکیده

خرد شدگی مناسب از ویژگی‌های یک انفجار خوب محسوب می‌شود. مطالعه بر روی خرد شدگی و اندازه قطعات حاصل از هر انفجار، علاوه بر اینکه کاهش هزینه‌های انفجار را در مراحل بعدی آتشفکری در بر خواهد داشت، بر روی فرآیند بارگیری و باربری و آتشفکری ثانویه به منظور کاهش ابعاد سنگ‌های بزرگتر از جام بارکننده‌ها و دهانه سنگ شکن‌ها نیز تأثیر گذار است. معدن سنگ آهن چغارت در طول جغرافیایی ۵۵°۲۸ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱°۴۲ شمالی قرار دارد. کانسار چغارت در سازندهای پرکامبرین پسین ایران مرکزی (سری مراد) قرار دارد. با توجه به بزرگی و بر اهمیت بودن این معدن، پیش بینی خرد شونده‌گی صحیح، تأثیر بسزایی بر روی هزینه‌های معدن دارد.

در این مقاله با استفاده از مدل‌های ریاضی ارائه شده، ابعاد سنگ‌های خرد شده در بلوک‌های مختلف بدست آورده شد. سپس اطلاعات حاصل از مشاهدات ابعاد خرد شدگی سنگ‌ها جهت مقایسه با مدل‌های ریاضی و نتیجه گیری، مورد استفاده قرار گرفت. در نتیجه مشخص گردید که نتایج ناشی از پیش‌بینی توسط مدل کوز-رم به واقعیت نزدیک تر می‌باشد. همچنین آرایشی برای حفر چال‌ها در بلوک ماده معدنی ارائه گردید که در آن حدوداً ۱۰۰ درصد ابعاد مواد خرد شده زیر ۴۰ سانتیمتر می‌باشد.

کلمات کلیدی: معدن سنگ آهن مرکزی ایران (چغارت)، پیش‌بینی خرد شونده‌گی، مدل‌های ریاضی، مدل کوز-رم

## Investigation of Rocks Fragmentation Behavior During Blasting Projects in Choghart Iron Mine

Hossein Shariat Alavi, Mehdi Zare, Amin Mikhak Beiranvand, Abolfazl Gharib Bolok, Hadi Bejari

### Abstract

Proper fragmentation is one of the most important characteristics of any blasting projects. Fragmentation investigation and studies result in decreasing blasting costs and also it has an important effect on different procedures such as:

Loading, hauling, secondary blasting (or pop-blasting, to reduce the blocks size and crushers entrance). Choghart mine has been located in the longitude 55° 28 and latitude 31° 42. Choghart deposit is in Precambrian formation (Morad series) at center of Iran. Regarding to the extension and importance of this mine, prediction of correct fragmentation, has very effective role in final cost. to investigate the problem, we considered ore blocks soft, and hard waste wichore blasted every day and by regarding different blasting parameters and existing mathematic models, fragmented rock sizes were obtained. The information gained from observations of blasted rocks were used to get a conclusion and compare with mathematics models. Finally, it has been concluded that results predicted from Cuz-Ram model are closer to the field results and also determined that using 2×3 blasting pattern according to Cuz-Ram model result in producing 100 percent sizes to be under 40 cm on the other hand it needs to consume more explosives and drill more holes that it's not probably optimized.

**Keywords:** Central iron mine of Iran ( Choghart), prediction of fragmentation mathematic models, Cuz-Ram model

۱- مقدمه

انفجار از عملیات اصلی معدن کاری است که هدف آن خردشدگی و جابجایی مطلوب توده سنگ است. یک انفجار با خردشدگی مناسب بر کل عملیات استخراج اثر می‌گذارد و باعث کاهش هزینه کلی معدن کاری و افزایش راندمان تولید می‌شود. پیش بینی ابعاد سنگ‌های خرد شده و تخمین توزیع خرد شدگی آنها از فاکتورهای مهم و مؤثر در انتخاب تجهیزات و عملکرد آنها می‌باشد. خردشدگی مناسب سنگ‌ها در اثر آشکاری باعث سهولت در عملیات بارگیری و حمل، کاهش مصرف انرژی در مرحله سنگ شکنی اولیه و عدم نیاز به آشکاری ثانویه و در نهایت کاهش هزینه های تولید خواهد شد لذا الگوی چالزنی و انفجار در عملیات معدن کاری بایستی به گونه‌ای طراحی و اجرا شود تا سنگ‌های خرد شده از توزیع مناسبی برخوردار باشند. هدف اصلی خرد کردن سنگ‌ها با مواد منفجره در معادن آماده سازی آن جهت انجام فرآیندهای آتی و بدست آوردن محصولی با یک سری مشخصات فنی و ابعاد خاص می‌باشد به نحوی که سنگ‌های خرد شده به راحتی توسط وسایل بارگیری و باربری قابل حمل بوده و با توجه به کاربرد نهایی مواد استخراجی از درجه خرد شدگی مناسبی برخوردار باشند تا نیازی به انفجار ثانویه نباشد. در طول چند سال گذشته عده‌ای محقق، مدل‌هایی را برای پیش بینی خرد شونده‌گی توسعه داده‌اند. در این مقاله مهم‌ترین مدل‌های پذیرفته شده امروزی معرفی شده‌اند و سپس خردشدگی ایجاد شده با استفاده از مدل‌های ریاضی در معدن چغارت مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت.

## ۲- موقعیت جغرافیایی و وضعیت زمین‌شناسی معدن چغارت

معدن سنگ آهن چغارت در طول جغرافیایی ۲۸° ۵۵ شرقی و عرض جغرافیایی ۴۲° ۳۱ شمالی قرار دارد. ارتفاع متوسط آن از سطح دریا ۱۱۵۰+ متر است. از نظر شرایط آب و هوایی به شدت خشک و کویری بوده و متوسط درجه حرارت سالانه منطقه بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد می‌باشد.

کانسار چغارت در سازندهای پرکامبرین پسین ایران مرکزی (سری مراد) قرار دارد. سنگ‌های در برگیرنده کانسار شامل سنگ‌های رسوبی، آتشفشانی، شیست‌های متبلور، گنیس و مرمر می‌باشد که بنام سری مراد در فرهنگ چینه شناسی از آن یاد می‌شود. کانی اصلی معدن منیتیت است که در بعضی از قسمت‌ها ماریتیتی شده است. هماتیت قسمت کمی را شامل می‌شود. گوتیت و هیدروگوتیت و اولیژیست به مقدار بسیار کم وجود دارد. اسفن و ایلمینت دو کانی تیتان دار معدن محسوب می‌شود. انواع سنگ آهن تفکیک شده چغارت شامل مگنتیت، مگنتیت مارتیتی، مگنتیت آپاتیتی، آپاتیت، مگنتیت پیریتی و مگنتیت سیلیس دار می‌باشد [۱].

## ۳- پیش‌بینی خرد شونده‌گی

درجه خردشدگی یک واژه نوعی می‌باشد که در توصیف اندازه توزیع مواد آشکاری شده به کار می‌رود. بسته به نوع پروژه توسعه یافته، اندازه توزیع مورد نیاز یک سنگ ممکن است متفاوت باشد. برای مثال در یک معدن به روش استخراج روباز، شکستن سنگ‌های باطله در اندازه بزرگ مناسب نیست و یا مواد معدنی نابیستی بطور کامل خرد شوند، اگر بعداً قرار است سنگ شکنی و آسیا شوند. به طور کلی پارامترهای مختلفی بر خردشونده‌گی تأثیر می‌گذارند که برخی از آن‌ها عبارتند از: خصوصیات ژئومکانیکی بلوک آشکاری شده- مقاومت سنگ- ناپیوستگی‌ها- وجود آب- الگوی حفاری- نوع ماده منفجره و مشخصات هندسی چال‌ها از قبیل قطر چال، آرایش چال، ارتفاع پله و اضافه حفاری. در ادامه به معرفی مهم‌ترین مدل‌های پیش بینی خردایش سنگ می‌پردازیم.

## ۳-۱- معادله لارسون

مدل پیشنهاد شده توسط لارسون (۱۹۷۳) برای تعیین  $k_{50}$  یا اندازه دهانه یک شبکه مکعبی که ۵۰ درصد مواد آشکاری شده از آن عبور کنند، به قرار زیر می‌باشد [۷]:

$$K_{50} = C_1 \cdot e^{\left(0.58 \ln B - 0.145 \ln \left(\frac{S}{B}\right) - 1.18 \ln \left(\frac{CE}{C}\right) - 0.82\right)} \quad (1)$$

که در آن :

$B$  : بار سنگ (متر)

$S/B$  : نسبت فاصله ردیفی چالها به بار سنگ

$CE$  : خرج ویژه (کیلوگرم بر متر مکعب)

$C$  : ثابت سنگ که هم ارز با خرج ویژه پودر دینامیت ژلهای لازم برای خرد شدن سنگ می باشد که به طور معمول بین  $0/3$  و  $0/5$  کیلوگرم بر متر مکعب می باشد.

$C_1$  : ثابت آتشیاری می باشد که یک فاکتور بیان کننده ناهمگنی و ناپیوستگی توده سنگ می باشد که در جدول ۱ این پارامتر معرفی شده است.

جدول ۱- ثابت آتشیاری برای سنگهای مختلف

وضعیت سنگها	ثابت آتشیاری ( $C_1$ )
سنگهای خیلی درزه دار و پر شکاف	0/6
سنگهای درزه دار	0/55
سنگهای نرمال با ترکهای مویی	0/50
سنگهای نسبتاً همگن	0/45
سنگهای همگن	0/40

۳-۲- فرمول سوئدیفو (موسسه تحقیقات آتشیاری سوئدی)

فرمول اصلی لارسون تأثیر ارتفاع پله و گل گذاری را مد نظر قرار نداده است، اما فرمول SVEDEFO این موضوع ها را در نظر گرفته است و معادله آن بصورت زیر می باشد [۸].

$$K_{50} = C_1 \times [1 + 4.67(T/L)^{2.5}] \times e^{0.29 \times \ln B^2 \sqrt{S/1.25} - 1.18 \times \ln [C/C]^{0.82}} \quad (2)$$

که پارامترهای جدید به قرار زیر می باشند:

$T$  : ارتفاع گل گذاری (m)

$L$  : عمق چال (m)

در این مدل  $R(X)$  یا درصد وزنی تجمعی قطعات خرد شده با ابعاد مورد نظر  $X$  از رابطه ۳ بدست می آید:

$$R(X) = 1 - e^{-\left(0.76 \frac{X}{d_{50}}\right)^{1.35}} \quad (3)$$

۳-۳- مدل کوز-رم

این مدل در سال ۱۹۸۳ میلادی توسط کونینگهام ارائه شده است [۳]-[۶].

$$\bar{x} = A \times \left[\frac{V}{Q}\right]^{0.8} \times Q^{0.167} \times \left(\frac{115}{E}\right)^{0.633} \quad (4)$$

که در آن:

$\bar{x}$  : میانگین اندازه قطعه های خرد شده (cm)

$A$  : فاکتور سنگ که در جدول ۲ معرفی شده است.

$V$  : حجم سنگهای شکسته به ازای هر چال انفجاری ( $m^3$ ).

$E$  : قدرت وزنی نسبی مواد منفجره که برای آنفو معادل ۱۰۰ است.

$Q$  : مقدار ماده منفجره در هر چال (Kg)

جدول ۲- فاکتور سنگ برای توده سنگ‌های مختلف

فاکتور سنگ	فاکتور پروتو دیاکنوف	وضعیت توده سنگ
۳	3-5	سنگ خیلی نرم
۵	5-8	سنگهای نرم
۷	8-10	سنگهای متوسط
۱۰	10-14	سنگهای شکاف دار سخت
۱۳	12-16	سنگهای همگن سخت

رزین- راملر یک تابع نمایی جهت تخمین توزیع ابعاد قطعات خرد شده بصورت زیر ارائه داده است [۷].

$$R(X) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^n} \quad (5)$$

که در آن:

$R(X)$ : قسمتی از مواد عبور کرده از روی سرنده به ابعاد  $X$

$X$ : اندازه سرنده (cm)

$X_c$ : دهانه سرنده که ۶۳/۹ درصد قطعات از آن عبور می‌کنند.

$n$ : شاخص یکنواختی است که به پارامترهای مختلف طراحی آتشکاری همچون قطر چال، بر سنگ، فاصله چال‌ها در یک

ردیف، طول خرج، دقت چالزنی و ارتفاع پله بستگی دارد. مقدار  $n$  معمولاً بین ۰/۸ تا ۲/۲ متغیر می‌باشد.

کوزنتسوف رابطه تجربی و ساده‌ای را برای پیش بینی ابعاد متوسط سنگ خرد شده ارائه کرد که طیف وسیعی از سنگ‌ها و

مواد منفجره را در بر می‌گیرد. این رابطه بصورت زیر ارائه شده است [۹].

$$x_c = \frac{\bar{X}}{(0.693)^n} \quad (6)$$

کونینگهام برای محاسبه  $n$  در توزیع روزین- راملر رابطه زیر را ارائه داده است [۳].

$$n = \left(2.2 - 14 \frac{B}{D}\right) \left(\sqrt{1 + \frac{S}{B}}\right)^{0.5} \left(1 - \frac{W}{B}\right) \left(0.1 + \frac{Abs(L_b - L_c)}{L}\right)^{0.1} \frac{L}{H} \cdot P \quad (7)$$

که در آن:

$D$ : قطر چال به میلی‌متر،  $L$ : طول کل خرج به متر،  $L_b$ : طول خرج تحتانی به متر،  $L_c$ : طول خرج میان چال به متر،  $H$ : ارتفاع

پله به متر،  $W$ : انحراف چال به متر،  $S$ : فاصله چال‌ها در یک ردیف به متر،  $B$ : ضخامت بار سنگ به متر و  $P$  فاکتور آرایش چال

که برای آرایش‌های مربعی مساوی ۱ و برای آرایش‌های لوزی شکل مساوی ۱/۱ می‌باشد.

### ۳-۴- مدل اصلاح شده کوز-رم

بدلیل تأثیر فراوان پارامترهای توده سنگ در خردشدگی، کونینگهام در سال ۱۹۸۷ مدل قبلی خود را تکمیل و به صورت زیر

ارائه نمود [۴]:

$$\bar{X} = 0.06BI \left(\frac{V}{Q}\right)^{0.8} \cdot Q^{0.167} \left(\frac{115}{E}\right)^{0.633} \quad (8)$$

که در این رابطه  $BI$  شاخص قابلیت انفجار پذیری است که در سال ۱۹۹۲ میلادی توسط لیلی جهت کاربرد در مهندسی

انفجار به صورت رابطه زیر ارائه شده است [۱۰]:

$$BI = RMD + JP_s + JP_o + RDI + HF \quad (9)$$

در این رابطه RMD شاخص توصیف توده سنگ،  $JP_S$  فاکتور دارای درزه ها،  $JP_O$  فاکتور جهت یافتگی درزه، RDI شاخص چگالی سنگ و HF فاکتور سختی می باشد. در جدول ۳ مقادیر پارامترهای موثر در BI آورده شده است.

جدول ۳ - مقادیر پارامترهای موثر در BI

امتیاز	پارامترهای ژئومکانیکی
RMD	شاخص توصیف توده سنگ
۱۰	ترد و خیلی خرد شده
۲۰	سنگ بلوکی
۵۰	سنگ توده ای
$JP_S$	فاصله دو سطح ناپیوستگی
۱۰	کمتر از ۰/۱ متر یا بسته
۲۰	بین ۰/۱-۱ متر یا متوسط
۵۰	بزرگتر از ۱ متر یا عریض
$JP_O$	جهت یافتگی ناپیوستگی
۱۰	به صورت افقی
۲۰	شیب ناپیوستگی به طرف بیرون
۳۰	امتداد ناپیوستگی عمود بر سطح آزاد
۴۰	شیب ناپیوستگی به سمت داخل دامنه
RDI	شاخص تاثیر چگالی سنگ
25-50	$\gamma$ : وزن مخصوص (تن بر متر مکعب)
HF	فاکتور سختی
یک سوم مدول یانگ (Gpa)	مدول یانگ کمتر از ۵۰ گیگا پاسکال
یک پنجم مقاومت فشاری تک محوری سنگ (Mpa)	مدول یانگ بیش از ۵۰ گیگا پاسکال

## ۳-۵- فرمول دنیس و گاما (1970)

این مدل در سال ۱۹۷۰ توسط دنیس و گاما ارائه شد که به صورت رابطه ۱۰ می باشد [۵].

$$PX = a \times W^b \times \left[ \frac{X}{B} \right]^c \quad (10)$$

که در آن :

PX: درصد مواد انباشته شده که کوچکتر از اندازه X می باشند.

W: انرژی لازم برای خرد کردن بر حسب (KWh/t)

$$W = 10 \times \frac{W_i}{\sqrt{K_{80}}} \quad (11)$$

که در آن:

$W_i$ : شاخص Bound سنگ

$K_{80}$ : دهانه سرنندی که ۸۰٪ مواد از آن عبور می کنند .

B: ضخامت بار سنگ (m)

a,b,c: ثابت هایی که به خاصیت سنگ ها و مواد منفجره بستگی دارند.

## ۴- روش تحقیق و بدست آوردن میزان خرد شدگی در بلوک های مختلف

برای انجام تحقیق در معدن چغارت در روزهای مختلف بر روی بلوکی که قرار بود آتشیاری شود رفته و مشخصات چالها یادداشت شده و آنگاه با توجه به این اعداد و مدل‌های ریاضی ارائه شده، ابعاد سنگ‌های خردشده در محدوده‌های مختلف بدست آورده شده و در زمان‌های مختلف بر روی بلوک آتشیاری شده رفته و به صورت چشمی سطح مورد نظر را مشاهده کردیم و برای هر محدوده از ابعاد قطعات یک عدد به صورت درصد در نظر گرفتیم. این کار به صورت پی در پی در طول عملیات بارگیری و با ظاهر شدن سطح جدید در راستای طول جبهه کار به فاصله هر ۵ متر انجام گرفت. اطلاعات حاصل از ارزیابی در هر محدوده ابعاد یادداشت شده تا در نهایت جهت مقایسه با مدل‌های ریاضی و نتیجه‌گیری مورد استفاده قرار گیرد [۲].

### انفجار شماره ۱

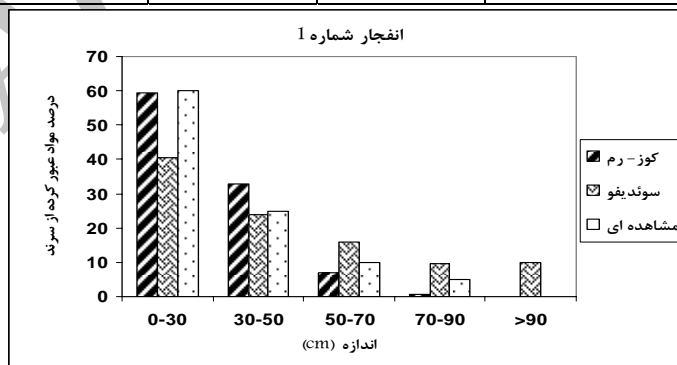
این انفجار بر روی بلوک ماده معدنی صورت گرفت که مشخصات حفاری و انفجار و نتایج مربوطه در جداول ۴ و ۵ آورده شده است.

جدول ۴- مشخصات حفاری و انفجار بر روی بلوکی ماده معدنی [۱]

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
قطر چال (میلیمتر)	۱۶۵	طول خرجگذاری (متر)	۱۱
تعداد چالها	۳۱	متوسط خرج هر چال (کیلوگرم)	۲۱۲
الگوی حفاری (متر)	۳×۴	قدرت وزنی نسبی ماده منفجره	۱۰۰
عمق چالها (متر)	۱۴	میزان آنفر (کیلوگرم)	۶۵۹۰
ارتفاع پله (متر)	۱۲/۵	حجم سنگ (متر مکعب)	۴۹۰۰
آرایش چالها	لوزی	تناژ سنگ (تن)	۱۹۶۰۰
تعداد ردیف	۵	متراژ چالزنی	۴۳۵

جدول ۵- پیش بینی دانه بندی سنگ‌های در حال بارگیری از انفجار شماره ۱ و مقایسه نتایج مدل‌های پیش بینی با روش مشاهده ای [۲]

محدوده ابعاد (سانتیمتر)	مدل کوز - رم	مدل سوئدیفو	روش مشاهده ای
۰-۳۰	۵۹/۴۶	۴۰/۵۶	۶۰
۳۰-۵۰	۳۲/۸۱	۲۳/۹۸	۲۵
۵۰-۷۰	۷/۱۱	۱۵/۹۲	۱۰
۷۰-۹۰	۰/۶	۹/۵۴	۵
>۹۰	۰	۱۰	۰



شکل ۱- مقایسه نتایج مدل‌های پیش بینی با روش مشاهده ای در انفجار شماره ۱ [۲]

### انفجار شماره ۲

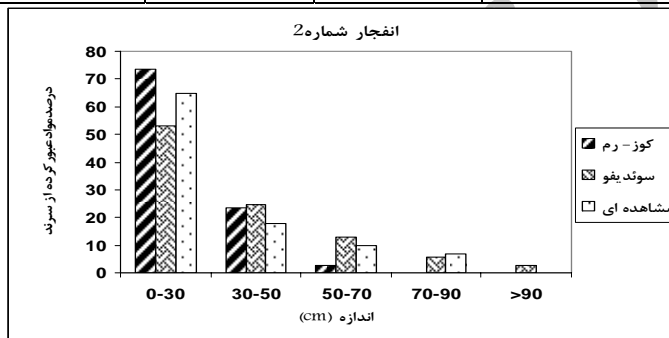
این انفجار بر روی بلوک باطله نرم صورت گرفت که مشخصات حفاری و انفجار و نتایج مربوطه در جداول ۶ و ۷ آورده شده است.

جدول ۶- مشخصات حفاری و انفجار بر روی بلوک باطله نرم [۱]

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
قطر چال (میلیمتر)	۱۶۵	طول خرجگذاری (متر)	۱۱
تعداد چالها	۲۶	متوسط خرج هر چال (کیلوگرم)	۲۱۲
الگوی حفاری (متر)	۴*۵	قدرت وزنی نسبی ماده منفجره	۱۰۰
عمق چالها (متر)	۱۴	میزان آنفر (کیلوگرم)	۵۵۲۰
ارتفاع پله (متر)	۱۲/۵	حجم سنگ (متر مکعب)	۵۴۹۰
آرایش چالها	لوزی	تناژ سنگ (تن)	۱۴۸۲۳
تعداد ردیف	۴	متراژ چالزنی	۳۶۵

جدول ۷- پیش بینی دانه بندی سنگ‌های در حال بارگیری از انفجار شماره ۲ و مقایسه نتایج مدل‌های پیش بینی با روش مشاهده ای [۲]

محدوده ابعاد (سانتیمتر)	مدل کوز - رم	مدل سوئدیفو	روش مشاهده ای
۰-۳۰	۷۳/۷۳	۵۳/۱۱	۶۵
۳۰-۵۰	۲۳/۳۹	۲۴/۷۹	۱۸
۵۰-۷۰	۲/۷۷	۱۲/۸۲	۱۰
۷۰-۹۰	۰/۱	۵/۷۳	۷
>۹۰	۰	۲/۵۵	۰



شکل ۲- مقایسه نتایج مدل‌های پیش بینی با روش مشاهده ای در انفجار شماره ۲ [۲]

## انفجار شماره ۳

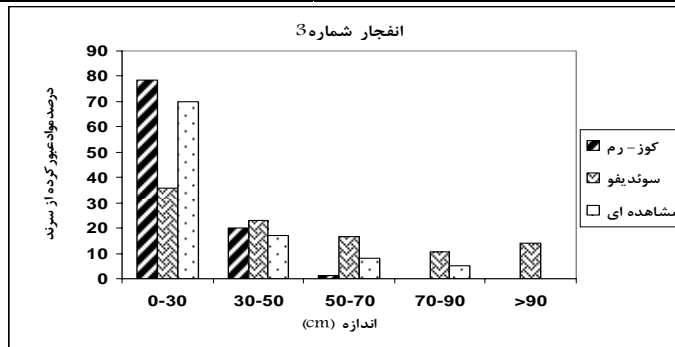
این انفجار بر روی بلوک باطله سخت صورت گرفت که مشخصات حفاری و انفجار و نتایج مربوطه در جداول ۸ و ۹ آورده شده است.

جدول ۸- مشخصات حفاری و انفجار بر روی بلوک باطله سخت [۱]

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
قطر چال (میلیمتر)	۱۶۵	طول خرجگذاری (متر)	۱۱
تعداد چالها	۳۸	متوسط خرج هر چال (کیلوگرم)	۲۱۲
الگوی حفاری (متر)	۳×۴	قدرت وزنی نسبی ماده منفجره	۱۰۰
عمق چالها (متر)	۱۴	میزان آنفو (کیلوگرم)	۸۰۶۰
ارتفاع پله (متر)	۱۲/۵	حجم سنگ (متر مکعب)	۵۰۴۰
آرایش چالها	لوزی	تناژ سنگ (تن)	۱۳۶۱۰
تعداد ردیف	۴	متراژ چالزنی	۵۳۲

جدول ۹- پیش بینی دانه بندی سنگ‌های در حال بارگیری از انفجار شماره ۳ و مقایسه نتایج مدل‌های پیش بینی با روش مشاهده ای [۲]

محدوده ابعاد (سانتیمتر)	مدل کوز - رم	مدل سوئدیفو	روش مشاهده ای
۰-۳۰	۷۸/۶۱	۳۵/۸۲	۷۰
۳۰-۵۰	۲۰/۱۳	۲۲/۸۶	۱۷
۵۰-۷۰	۱/۲۴	۱۶/۴۶	۸
۷۰-۹۰	۰	۱۰/۶۹	۵
>۹۰	۰	۱۴/۱۷	۰



شکل ۳- مقایسه نتایج مدل‌های پیش بینی با روش مشاهده ای در انفجار شماره ۳ [۲]

حال با در نظر گرفتن آرایش حفاری ۲×۳ در معدن چغارت در ماده معدنی، با توجه به مدل کوز-رم که به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد، محاسبات نشان داد که حدوداً ۱۰۰ درصد سنگ‌های خرد شده زیر ۴۰ سانتیمتر می‌باشند. مشخصات این بلوک و نتایج مربوطه در جداول ۱۰ و ۱۱ آورده شده است.

جدول ۱۰- مشخصات حفاری و انفجار بر روی بلوکی ماده معدنی با آرایش ۲×۳ [۱]

پارامتر	مقدار	پارامتر	مقدار
قطر چال (میلیمتر)	۱۶۵	طول خرجگذاری (متر)	۱۱
تعداد چالها	۳۱	متوسط خرج هر چال (کیلوگرم)	۲۱۲
الگوی حفاری (متر)	۲×۳	قدرت وزنی نسبی ماده منفجره	۱۰۰
عمق چالها (متر)	۱۴	میزان آنفر (کیلوگرم)	۶۵۹۰
ارتفاع پله (متر)	۱۲/۵	حجم سنگ (متر مکعب)	۲۰۴۰
آرایش چالها	لوزی	تناژ سنگ (تن)	۸۱۶۰
تعداد ردیف	۵	مترائز چالزنی	۴۳۵

جدول ۱۱- دانه بندی سنگ‌های بلوک ماده معدنی با آرایش ۲×۳ بر اساس مدل کوز - رم [۲]

درصد ابعاد	درصد ابعاد	درصد ابعاد	درصد ابعاد	درصد ابعاد
۰-۳۰ سانتیمتر	۷۰-۹۰ سانتیمتر	۵۰-۷۰ سانتیمتر	۵۰-۳۰ سانتیمتر	> ۹۰ سانتیمتر
۷۸/۶۱	۰	۱/۲۴	۲۰/۱۳	۰

##### ۵- نتیجه گیری

- با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان دریافت که مدل کوز-رم در معدن چغارت نتایج آن به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد.
- اگر آرایش چال‌ها در ماده معدنی را به ۲×۳ متر تغییر دهیم، آن‌گاه خردایش سنگ‌ها به طریقه‌ای بهینه تر انجام خواهد شد. البته پیشنهاد می‌شود که یک برآورد اقتصادی نیز در زمینه تعداد چال‌ها و مقدار خرج مصرفی، در صورت استفاده از این روش انجام شود.

##### ۶- مراجع



- [۱] مدارک و جزوات موجود در کتابخانه و آرشیو معدن سنگ آهن مرکزی ایران (چغارت)
- [۲] شریعت علوی، حسین، ۱۳۸۴، " بررسی خرد شوندگی سنگ‌ها در اثر انفجار در معدن سنگ آهن مرکزی ایران (چغارت) " پروژه کارشناسی، دانشگاه صنعتی شاهرود
- [3] Cunningham C.V.B 1983, " *The Kuz- Ram Model for production of fragmentation from blasting*", The 1<sup>st</sup> international Symposium on Rock Fragmentation by blasting, Vol.2, Lulea, Sweden,p.439-453.
- [4] Cunningham, C.V.B, 1987." *Fragmentation Estimations and The Kuz-Ram Model*" four years on, in Proceedings 2<sup>nd</sup> international Symposium on Rock Fragmentation by Blasting,pp 475-487,Keystone Colorado.
- [5] Dinis and Gama, C. " *A Model for Rock Mass Fragmentation by Blasting*", Proceedings 8<sup>th</sup> international Congress on Rock Mechanics, tokyo,Setembro de 1995, Vol. 1,pp 73-76. Tambem publicado na Revista Geotecnia, Marco de 1996, pp.41-51.
- [6] Djordjevic N, 1990, " *A two-component model of blast fragmentation*", The AusIMM Proceedings, pp. 9-13
- [7] Hustrulid W,1990," *Blasting Principles for Open Pit Mining*", Vol 1, A.A. Balkema/Rotterdam. [8] Kou S. Q and Rustan, P.A. 1993, " *Computerized design and result prediction of bench blasting* ", FragBlast-4 A.A Balkema Publ. Rotterdam.
- [9] Kuznetsov ,V.M,1973, " *The mean diameter of the fragments formed by blasting of rock* " , Soviet Mining Science ,Vol 9(2), 144-148
- [10] Lilly, P.A.,1986." *An empirical method of assessing rock mass blastability* " , in Davidson, J.R. (editor) Proceedings AusIMM/I.E.Australia Newman Combined Group Large Open Pit Mining Conference, 89-92