

## تاثیر مخلوط نمک و آنفو در کاهش عقب زدگی ناشی از آتشباری در معدن فسفات اسفوردی بافق

ایمان عنایت الهی<sup>۱</sup>، عباس آقاجانی بزاز<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب I.enayatollahi@gmail.com

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد سوادکوه A\_aghajani@aut.ac.ir

### چکیده

عقب زدگی یکی از مسائل ناشی از انفجار است که به دلیل بارسنگ غیر یکنواخت در انفجارهای بعدی علاوه بر کاهش کیفیت خردایش، باعث کاهش ایمنی پله ها و افزایش هزینه های عملیاتی نیز می گردد. برای کاهش عقب زدگی می توان پارامترهای طراحی انفجار را تغییر داد که از آن جمله می توان به خرج ویژه، گل گذاری و تاخیر اشاره کرد. با کاهش قدرت ماده منفجره در ردیف آخر نیز می توان پدیده عقب زدگی را به میزان قابل ملاحظه ای کاهش داد. نمک و خرده چوب (خاک اره) از جمله موادی هستند که باعث کاهش قدرت آنفو می شوند. در این مقاله استفاده از مخلوط نمک و آنفو برای کاهش عقب زدگی مورد بررسی قرار گرفت و پس از انجام شش آزمایش نسبت بهینه نمک و آنفو مشخص گردید. مخلوط نمک و آنفو فقط در ردیف آخر چالهای تولیدی مورد استفاده قرار گرفت و پس از بارگیری سنگهای خرد شده دیواره نهایی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در این مقاله برای ارزیابی آزمایشها و بدست آوردن نسبت بهینه نمک و آنفو، اندیس عقب زدگی تعریف گردید. از مزایای اصلی استفاده از نمک می توان به کاهش قابل ملاحظه عقب زدگی، بهبود خردایش و کاهش مواد منفجره مصرفی اشاره نمود.

کلمات کلیدی: عقب زدگی، مخلوط نمک و آنفو، تحلیل سلسله مراتبی

## Effect of Salt-Anfo Mixture in Back Break Reduction due to Blasting in Esfordi Phosphate Mine of Bafgh

Iman Enayatollahi, Abbas Aghajani Bazzazi

### Abstract

Back break is one of the blasting side effects which causes poor fragmentation, reduces safety of benches as well as an increase in activity expenses in subsequent blasting due to uneven burden. Therefore to reduce back break, we can change the explosion pattern parameters, such as powder factor, stemming and delay. Also by reducing the strength of blasting in the last row, a considerable decrease in back break phenomenon can be achieved. Salt and sawdust are type of materials which can reduce the strength of anfo. in this experiment the implementation of salt-anfo in reducing back break was studied and after six individual explosions the optimal ratio of salt-anfo was spicified. Mixture of salt-anfo was used only in the last row of blast holes and after loading crushed rock the final wall was analyzed. to evaluate the experiments and bring out the optimal ratio of salt-anfo mixture, back break index was defined. Some of the main advantages of using salt are, remarkable reduction in back break, improvement in fragmentation and the lesser explosives used.

Key words: back break, salt-anfo mixture, Analytical Hierarchy Process (AHP)

## ۱- مقدمه

در اکثر انفجارهای معدنی، بیش از ۸۰ درصد انرژی تولیدی به هدر می رود. این انرژی مقاومت ساختار سنگ هایی که در خارج از محدوده انفجاری می باشند را کاهش می دهد [۱]. در این سنگ ها ترک ها و صفحات جدید ایجاد می شوند و صفحات و درزه هایی که در ابتدا حالت بحرانی نداشتند، هنگامی که باز می شوند خاصیت چسبندگی توده سنگ شکسته شده و ترکدار باقی مانده را افزایش می دهند. [۲]

از اثرات منفی عقب زدگی می توان به اختلاط ماده معدنی و باطله در ناحیه تماس در معادن فلزی، افزایش هزینه های بارگیری و باربری به علت حجم زیاد توده سنگ، لزوم پایداری و تقویت سنگ باقیمانده و افزایش جریان آب راه یافته به داخل منطقه به علت باز شدن و امتداد یافتگی شکستگی ها و درزه های توده سنگ اشاره نمود [۳]. با توجه به اثرات عقب زدگی، به کارگیری روش هایی که بتواند عقب زدگی را کاهش دهد و یکپارچگی سنگ های واقع در خارج از محدوده انفجار را حفظ کند، لازم می باشد که بدین منظور می توان از انواع روش های انفجار کنترل شده استفاده نمود. [۴]

## ۲- مکانیزم ایجاد عقب زدگی و روش های کاهش آن

عقب زدگی بصورت فاصله افقی بین لبه پله طراحی شده با لبه پله ایجاد شده تعریف شده است [۵]. مکانیزمی که عقب زدگی را تشریح می کند به مکانیزم شکست توده سنگ در زمان انفجار وابسته است. زیاد بودن فشار ایجاد شده از مقاومت فشاری دینامیکی سنگ، عدم ایجاد یک سطح لرزه مناسب در توده سنگ که شکستگی حاصل از ورقه ورقه شدن را تولید می کند و باز شدن درزه ها توسط گازهای انبساط یافته حاصل از انفجار، موارد کلی مکانیزم اصلی شکست که سبب عقب زدگی می شوند را تشکیل می دهند. [۶]

روش های متعددی جهت کاهش عقب زدگی ناشی از انفجارات معدنی وجود دارد. یکی از این موارد کم کردن خرج در ردیف آخر چال های انفجاری است که با انجام این عمل می توان از وارد آمدن خسارت به دیواره باقی مانده در پشت الگوی انفجاری جلوگیری کرد. این عمل معمولاً با افزایش طول گل گذاری و کاهش بارسنگ همراه می باشد. علاوه بر استفاده از روش های مختلف انفجارهای کنترل شده، توجه به نقش درزه و شکاف ها و همچنین جهت یابی آنها نسبت به خط آتش و ردیف چال های انفجاری می تواند در کم کردن میزان عقب زدگی موثر باشد. چنانچه ناپیوستگی ها موازی با سطح باشند و جهت انفجار عمود بر امتداد ناپیوستگی ها باشد، بهترین حالت از نظر قرارگیری ناپیوستگی ها نسبت به دیواره و جهت انفجار وجود دارد. علاوه بر موارد مذکور، عوامل دیگری مانند ضخامت سنگ، ضریب سفتی، گل گذاری چال های انفجاری، شیب چال های انفجاری و انفجار تاخیری می تواند به کاهش میزان عقب زدگی کمک نماید. [۶]

## ۳- معرفی آزمایش ها و ارائه نتایج

یکی از مشکلات ناشی از انفجار در معدن فسفات اسفوردی عقب زدگی می باشد که میزان آن بین  $\frac{3}{5}$  - ۴ متر متغیر است. از روش های کاهش عقب زدگی ضعیف کردن خرج مصرفی در ردیف آخر چال ها می باشد، که بدین منظور از موادی مانند نمک و یا خاک اره استفاده می شود. در این تحقیق، با انجام شش آزمایش و ضعیف کردن خرج مصرفی ردیف آخر، اثر مخلوط نمک و آنفو در کاهش عقب زدگی و محاسبه نسبت ایده آل این مخلوط مورد بررسی قرار گرفت. تاثیر نمک بر کاهش قدرت آنفو علاوه بر مخلوط کردن منظم این دو ماده به حالت های دیگری چون منقطع و مخلوط کردن نا منظم نیز قابل اجرا می باشد. همچنین می توان با تغییر دادن بارسنگ و فاصله ردیفی چال ها اثر این مخلوط را مورد بررسی قرار داد. به دلیل محدودیت هایی که در انجام آزمایشات وجود داشت امکان بررسی تمام این موارد مقدور نبود. در این آزمایشات هیچ تغییری در شبکه حفاری معدن ایجاد نگردید و آزمایشات با همان شبکه حفاری متعارف معدن انجام شد. به دلیل وقت گیر بودن و عدم امکان مخلوط کردن نمک و آنفو برای هر یک از چال ها به صورت جداگانه، عمق متوسط چال ها در نظر گرفته شد و میزان نمک و آنفو مصرفی بر اساس عمق متوسط محاسبه گردید. چالهای تولیدی معدن اسفوردی با قطر ۷۶ میلیمتر حفاری می شوند. میزان گل گذاری برای تمام چال ها  $\frac{1}{8}$  متر در نظر گرفته شد.

#### ۴- تشریح آزمایش ها

در آزمایش اول تعداد کل چال های انفجاری ۶۰ عدد بود که از این تعداد ۲۰ چال در ردیف آخر قرار داشت. شبکه حفاری برای تمام انفجارها لوزی شکل در نظر گرفته شده بود. ارتفاع چال ها بین ۶/۹-۷/۴ متر متغیر بود. میزان نمک و آنفو برای هر چال و سایر پارامترها در جدول ۱ آورده شده است. در تمام آزمایش ها به جهت جلوگیری از ایجاد پاشنه، ۳ کیلوگرم آنفو خالص ته چال ریخته شد. بعد از انفجار و قبل از بارگیری، کاهش میزان شکستگی ۴۵ درجه بالای چال نسبت به انفجارهای پیشین معدن بسیار قابل توجه بود. نیمی از پله نیز در اثر گسل خوردگی از سنگ های پشت ردیف آخر جدا شده بود. با بارگیری کامل، داغی چال ها به وضوح مشاهده گردید. داغی چال ها به گونه ای بود که از لبه پله تا ۱/۵ متر به سمت پایین پله داغی مشاهده نمی شد و از این ارتفاع به پایین داغی چال کاملاً مشهود بود (شکل ۱).



شکل ۱- نمایی از دیواره بعد از انفجار اول

تعداد کل چال های انفجاری در آزمایش دوم ۹۰ چال بود که این آزمایش بر روی ۱۵ چال ردیف آخر این شبکه صورت پذیرفت. عمق چال های ردیف آخر بین ۷/۶ - ۶/۸ متر متغیر بود. پارامترهای مربوط به انفجار در این پله مطابق جدول ۱ در نظر گرفته شد. همانند آزمایش اول بعد از انجام انفجار شیب ۴۵ درجه بالای دیواره بهبود پیدا کرده بود. داغی چال ها از حدود یک متر پایین تر از لبه پله به وضوح دیده می شد. بعد از اتمام بارگیری و مشاهده دیواره پله، داغی چال تمام چال های ردیف آخر به وضوح قابل مشاهده بود (شکل ۲).



ب



الف

شکل ۲- شکل (الف) نمایی از دیواره قبل و شکل (ب) بعد از انفجار دوم

تعداد کل چال ها در آزمایش سوم ۱۵۴ چال در ۱۱ ردیف بود که از این تعداد ۱۴ چال در ردیف آخر قرار داشت. ارتفاع چال ها بین ۵/۸ - ۵ متر متغیر بود. این انفجار بر روی یک سطح شیبدار انجام شد. پارامترهای مربوط به این انفجار در جدول ۱ آورده شده است. سنگ این بلوک از باطله های معدن که از جنس پیروکسنیت های آلتره شده بود، تشکیل گردیده بود. میزان عقب زدگی در این پله در انفجارهای قبلی معدن که از مخلوط نمک استفاده نمی گردید در حدود ۴ متر بوده است. بعد از

انجام انفجار همانگونه که پیش بینی می شد داغی چال در دیواره فقط بسیار اندک و در حد چند سانتیمتر دیده می شد. البته در مقایسه با انفجار های قبلی در سنگ های باطله دیدن اینگونه داغی چال جالب توجه بود. دیواره ایجاد شده نزدیک به قائم بدست آمد که در مقایسه با گذشته بسیار ایده آل به نظر می رسید (شکل ۳).



شکل ۳- نمایی از دیواره بعد از انفجار سوم

تعداد کل چال های انفجاری در آزمایش چهارم ۹۱ چال بود که از این تعداد ۳۰ چال در ردیف آخر قرار داشت. ارتفاع چال ها بین ۸/۸- ۸/۱ متر متغیر بود. پارامتر های دیگر انفجار در این بلوک در جدول ۱ آورده شده است. این آزمایش توانست نسبت نمک و آنفو مناسب جهت کاهش عقب زدگی در معدن فسفات اسفوردی را تعیین نماید. مشاهدات پس از انفجار نشان دهنده این بود که میزان ۳۲٪ نمک برای مخلوط کردن با آنفو زیاد می باشد. بعد از انفجار عدم شکستن و جدا شدن سنگ در بخش هایی از دیواره مشاهده می شد که در این بخش ها فقط تا ردیف سوم قدرت ماده منفجره توانسته بود سنگ را جابجا کند و ردیف آخر علی رغم انفجار نتوانسته بود سنگ جلوی چال را حرکت دهد. البته در بعضی قسمت ها داغی چال به وضوح قابل مشاهده بود. اما به دلیل عدم ایجاد انفجار مناسب بدست آوردن میزان دقیق عقب زدگی ممکن نبود.

تعداد کل چال های انفجاری آزمایش پنجم ۸۳ چال بود که از این تعداد ۲۰ چال در ردیف آخر قرار داشت. عمق چال ها بین ۶/۱-۷/۷ متر بود. پارامتر های دیگر انفجاری مطابق جدول ۱ منظور گردیده است. تا آزمایش چهارم طریقه مخلوط کردن به صورت منظم بود، یعنی نمک و آنفو کاملاً می بایست با هم مخلوط شوند. اما در آزمایش پنجم نمک و آنفو سر چال و همزمان با هم در چال ریخته شدند. که این طریقه مخلوط کردن را در اینجا می توان با عنوان نا منظم معرفی کرد. بعد از انفجار و بررسی دقیق محدوده انفجار مشخص گردید که ردیف اول شبکه انفجار عمل نکرده و آتش نشده است. با توجه به بروز این مشکل امکان ابراز نظر دقیقی در رابطه با این انفجار نبود. با این وجود میزان عقب زدگی چندان زیاد نبود. پس از بارگیری داغی چال های چندان مناسبی حاصل نشد. که این شاید گواه نامناسب بودن نحوه مخلوط کردن بود. البته با توجه به مشکل به وجود آمده امکان استناد به مشاهدات و نتایج بدست آمده از این انفجار نبود. میزان عقب زدگی ایجاد شده در این بلوک با وجود شرایط نامناسب تغییر چندان نکرد و فقط داغی چال در دیواره پله به صورت کامل ایجاد نگردید که به طور قطع امکان نسبت دادن این مشکل به یکی از دو موضوع شرایط بد آزمایش و یا آتش نشدن خط اول وجود نداشت. به همین جهت این آزمایش مجدداً تکرار گردید.

تعداد کل چال ها در آزمایش ششم ۵۸ چال بود که از این تعداد ۱۵ چال در ردیف آخر شبکه حفاری قرار داشت. عمق چال ها بین ۶/۸-۷/۶ متر بود. سایر پارامتر های انفجاری مطابق جدول ۱ منظور گردید. با توجه به مشکل ایجاد شده در آزمایش پنجم می بایست علاوه بر تکرار آزمایش پنجم، بار دیگر مخلوط منظم نمک و آنفو با نسبت ۳۰ به ۷۰ درصد را جهت جمع بندی کلی آزمایش کنیم. به همین سبب پله مورد نظر به دو بخش تقسیم شد و روی ۷ چال آزمایش مخلوط نامنظم تکرار گردید و روی ۸ چال باقی مانده آزمایش مخلوط منظم انجام شد. بعد از انجام انفجار و بارگیری داغی چال در قسمت مخلوط منظم کاملاً مشهود بود. ولی در قسمت مخلوط نامنظم داغی چال کمتر مشاهده می شد. در بخش مخلوط نامنظم سنگ های

درشت ایجاد شد. در حالی که در بخش مخلوط منظم از لحاظ خردایش و ایجاد سنگ های درشت مشکل زیادی بوجود نیامده بود و میزان سنگ های درشت در حد پایینی قرار داشت.

جدول ۱- مقادیر پارامترهای انفجار برای هر یک از شش انفجار

میزان آنفو (Kg)	میزان نمک (Kg)	میزان آنفو (%)	میزان نمک (%)	فاصله ردیفی چال ها (m)	بارسنگ (m)	عمق متوسط چال (m)	تعداد چال در ردیف آخر	
۱۵	۵	۷۵	۲۵	۲/۲	۸/۱	۷	۲۰	آزمایش اول
۱۴	۶	۷۰	۳۰	۲	۸/۱	۷	۱۵	آزمایش دوم
۱۰	۴	۷۰	۳۰	۳/۲	۲/۱	۴/۵	۱۴	آزمایش سوم
۱۷	۸	۶۸	۳۲	۲	۸/۱	۵/۸	۳۰	آزمایش چهارم
۱۴	۶	۷۰	۳۰	۲	۸/۱	۷	۲۰	آزمایش پنجم
۱۴	۶	۷۰	۳۰	۲	۸/۱	۷	۱۵	آزمایش ششم

##### ۵- تعریف اندیس عقب زدگی

بعد از انجام آزمایش ها جهت ارزیابی و انفجار های انجام شده با نمک و آنفو و تعریف اندیس عقب زدگی، جهت وزن دهی معیارهای موثر در این اندیس از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد.

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱</sup> یک فرآیند تصمیم گیری با معیار های چندگانه است و در مواردی که نتیجه تصمیم گیری حائز اهمیت است، نمود پیدا می کند. در این فرآیند به طور کلی می توان انواع تصمیم سازی را با توجه به فضای آن، به صورت پیوسته و یا گسسته دسته بندی کرد. همچنین ممکن است تصمیم گیری تک و یا چند معیاره باشد. بعلاوه این معیارها می توانند به صورت های کمی، کیفی و یا تلفیقی از هر دو (در حالت چند معیاره) باشند که در هر یک از این حالت ها نحوه تصمیم گیری متفاوت است. [۷]

در این آزمایشات با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی وزن مربوط به هر یک از معیار ها محاسبه گردید. که در اینجا معیار های مد نظر عبارتند از: عقب زدگی، ضریب HCF، شکستگی بالای چال، درصد تجمعی سنگهای درشت تر از  $d_{80}$  مطلوب و میزان پاشنه ایجاد شده. وزن دهی به این معیار ها هم از طریق محاسبه دستی و هم از راه کامپیوتری مقدور بود که به دلیل سرعت و دقت بالا از نرم افزار Expert Choice استفاده گردید. پس از تعیین وزن نسبی مربوط به هر یک از معیارهای مد نظر در انفجارها می بایست پروسه ای تنظیم گردد که بتوان برای هر یک از معیار ها امتیازی را لحاظ کرد تا بتوان با قرار دادن اعداد مربوط به این امتیازات در یک رابطه ریاضی ساده مقدار عددی جهت امتیازدهی به یک انفجار بدست آید. وزن های بدست آمده از طریق نرم افزار برای هر یک از معیار ها به شرح جدول ۲ می باشد. اوزان بدست آمده در جدول ۲ توسط روش تصمیم گیری چند معیاره گروهی حاصل شده است و لازم بذکر است که این اوزان فقط در معدن فسفات

<sup>1</sup> Analytical Hierarchy Process (AHP)

اسفوردی قابل استناد می باشند و برای سایر معادن روباز ممکن است وزن این معیارها متفاوت با جدول ۲ باشند که این امر بستگی به اهداف و اولویت بندی معیارها توسط صاحبان معادن دارد.

جدول ۲- وزن دهی به معیارها

معیارها	عقب زدگی	ضریب HCF	شکستگی بالای چال	درصد تجمعی سنگهای درشت تر از $d_{80}$ مطلوب	پاشنه
وزن معیارها (%)	۴۶	۳۰	۱۳	۶	۵

پس از وزن دهی به هر یک از معیارهای مد نظر، می بایست برای تعیین انفجار ایده آل تقسیم بندی جهت امتیاز دهی به معیارهای انفجار صورت گیرد. تقسیم بندی و امتیاز دهی به معیارهای پنج گانه مطابق جدول ۳ صورت گرفت.

جدول ۳- امتیاز دهی به معیارهای پنج گانه

عقب زدگی	تقسیم بندی معیار	B(۰-۰/۱)	B(۰/۱-۰/۳)	B(۰/۳-۰/۵)	B(۰/۵-۰/۸)	B(۰/۸-۱)
امتیاز نسبت داده شده		۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
HCF (%)	تقسیم بندی معیار	۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	۶۰-۸۰	۸۰-۱۰۰
	امتیاز نسبت داده شده	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰
شکستگی بالای چال (درجه)	تقسیم بندی معیار	کمتر از ۴۵	۴۵-۶۰	۶۰-۷۰	۷۰-۸۰	۸۰-۹۰
	امتیاز نسبت داده شده	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰
پاشنه	تقسیم بندی معیار	h(۱/۰-۰)	h(۰/۱-۰/۲)	h(۰/۲-۰/۳)	h(۰/۳-۰/۴)	بیشتر از ۰/۴ h
	امتیاز نسبت داده شده	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰
درصد تجمعی سنگهای درشت تر از $d_{80}$ مطلوب (%)	تقسیم بندی معیار	۱۵-۰	۲۵-۱۵	۳۰-۲۵	۳۰-۳۵	بیش از ۳۵
	امتیاز نسبت داده شده	۲۰	۱۵	۱۰	۵	۰

جدول ۴- مقادیر عددی به دست آمده از انفجارها برای معیارهای شش گانه

انفجار اول	انفجار دوم	انفجار سوم	انفجار چهارم	انفجار پنجم	انفجار ششم (منظم)	انفجار ششم (نامنظم)	
۱/۵-۲	۰/۷۵-۱	۲/۵-۳	-	۱/۵-۱/۷۵	۱-۱/۲۵	۱/۵-۲	میزان عقب زدگی (متر)
۶۰-۶۵	۶۰-۷۰	-	۳۰-۴۰	۱۰-۱۵	۶۰-۷۰	۴۰-۴۵	ضریب HCF (%)
۶۰-۷۰	۷۰-۷۵	بیشتر از ۴۵	۷۰-۷۵	۴۵	۷۰-۷۵	۴۵-۵۰	شکستگی بالای چال (درجه)
۰-۵	۰	۰	۰	۱۰	۰	۰	پاشنه (سانتی متر)
۲۵-۳۰	۲۰-۲۵	تقریباً بدون سنگ درشت	۴۵-۵۰	۴۵-۵۰	۳۰-۳۵	۴۰-۴۵	درصد تجمعی سنگهای درشت تر از $d_{80}$ مطلوب (%)

با توجه به تعیین وزن نسبی معیارها، تقسیم بندی آنها جهت امتیاز دهی و مقادیر عددی به دست آمده از انفجارها که در جدول ۴ آورده شده است، رابطه ای جهت جمع بندی این معیارها و تعمیم دادن یک مقدار عددی به هر انفجار تعریف گردد. این رابطه به صورت زیر تعریف شد.

$$O.B_i = \sum_{j=1}^5 W_j \times C_j \quad (1)$$

در رابطه فوق  $C_j$  امتیاز مربوط به هر یک از معیارها و  $W_j$  معرف وزن هر یک از معیارهای تعریف شده است. با توجه به مقادیر بدست آمده در هر یک از انفجارها و با استفاده از فرمول فوق امتیاز مربوط به هر یک از انفجارهای شش گانه را می توان تعیین نمود. در ابتدا امتیاز هر یک از معیارهای مربوط به هر انفجار را با استفاده از جداول ارائه شده بدست آورده و با قرار دادن در رابطه فوق، اندیس عقب زدگی  $O.B_i$  (Over break index) انفجار بدست می آید. این امتیازها به صورت جدول ۵ است.

جدول ۵- امتیازهای داده شده به هر یک از معیارها

درصد تجمعی سنگهای درشت تر از $d_{80}$ مطلوب	پاشنه	شکستگی بالای چال	HCF	عقب زدگی	
۱۰	۲۰	۱۰	۱۵	۵	انفجار اول
۱۵	۲۰	۱۵	۱۵	۱۰	انفجار دوم
۲۰	۲۰	۰	۰	۰	انفجار سوم
۰	۲۰	۱۵	۵	۰	انفجار چهارم
۰	۱۵	۰	۰	۵	انفجار پنجم
۵	۲۰	۱۵	۱۵	۵	انفجار ششم (منظم)
۰	۲۰	۵	۱۰	۵	انفجار ششم (نامنظم)

در شش انفجارات انجام شده در معدن اسفوردی میزان پاشنه ایجاد شده کمتر از ۱ متر بود. به همین لحاظ امتیازات به دست آمده برای این معیار به صورت جدول ۶ به دست آمده است.

جدول ۶-  $O.B_i$  بدست آمده برای هر یک از انفجارها

شماره انفجار	۱	۲	۳	۴	۵	۶ (منظم)	۶ (نامنظم)
$O.B_i$	۷/۹	۹۵/۱۲	۲/۲	۴۵/۴	۰۵/۳	۰۵/۱۰	۹۵/۶

بعد از تعیین  $O.B_i$  مربوط به هر یک از انفجارها، جهت بررسی کیفیت انفجارها جدولی به صورت زیر تنظیم شده است.

جدول ۷- بررسی کیفیت انفجار بر حسب  $O.B_i$ 

$O.B_i$	۰-۴	۸-۴	۱۲-۸	۱۶-۱۲	۲۰-۱۶
کیفیت انفجار	خیلی بد	بد	متوسط	خوب	عالی

با توجه به مقدار  $O.B_i$  بدست آمده در هر یک از انفجارها و جدول فوق کیفیت شش انفجار انجام شده در معدن فسفات اسفوردی با توجه به معیارهای ارائه شده به شرح جدول ۸ است. قابل ذکر است که جداول ارائه شده و نتایج حاصله مربوط به معدن فسفات اسفوردی می باشد.

جدول ۸- نتایج مربوط به بررسی کیفیت شش انفجار انجام شده

شماره انفجار	۱	۲	۳	۴	۵	۶(منظم)	۶(نامنظم)
کیفیت انفجار	متوسط	خوب	خیلی بد	بد	خیلی بد	متوسط	بد

### ۶- نتیجه گیری

در شش آزمایش انجام شده در معدن فسفات اسفوردی نتایجی که در خصوص کاهش عقب زدگی با استفاده از مخلوط نمک و آنفو می توان داشت بدین شرح است:

۱- مناسب ترین نسبت جهت مخلوط کردن نمک و آنفو در معدن فسفات اسفوردی برای تقلیل میزان عقب زدگی پله های معدن ۳۰٪ نمک و ۷۰٪ آنفو می باشد. که می بایست نمک و آنفو به صورت منظم مخلوط گردند. یعنی این دو ماده به طور کامل با هم آمیخته شوند.

۲- با توجه به نتایجی که طی دو آزمایش آخر از مخلوط نامنظم حاصل شد، عمل کردن به این روش جهت کاهش عقب زدگی به دلیل عدم مخلوط شدن مناسب نمک و آنفو مناسب نیست. زیرا اینگونه مخلوط کردن سبب می شود که در بعضی از بخش ها نمک و آنفو مخلوط نشود و آنفو خالص در بخشی از چال قرار گیرد و اینگونه قدرت انفجاری به نحو مناسبی تقسیم نمی گردد.

۳- نسبت ۳۲٪ نمک و ۶۸٪ آنفو که در آزمایش چهارم انجام شد، بسیار پر ریسک است. زیرا همانگونه که از نتایج این آزمایش مشهود می باشد، در بخش هایی از بلوک این نسبت به نتیجه رسیده و در بخش های دیگر نتیجه مطلوبی حاصل نگردیده است. البته ۳۲٪ به ۶۸٪ می تواند با کم کردن بارسنگ و فاصله ردیفی چال ها نتایج مطلوبی را ایجاد نماید.

۴- با نسبت ۳۰٪ نمک در سنگ های باطله نتیجه نسبتاً مناسبی حاصل گشت و دیواره حاصل از انفجار نسبتاً قائم بدست آمد. با توجه به نتیجه حاصل از آزمایش سوم به نظر می رسد که درصد نمک بالای ۳۰٪ برای سنگ های باطله معدن فسفات اسفوردی جهت مخلوط کردن با آنفو برای کاهش عقب زدگی نتیجه بهتری حاصل نماید.

۵- در این آزمایشات بدون رعایت الگوی انفجار کنترل شده کاهش میزان عقب زدگی نسبتاً مناسبی محقق گردید. که با رعایت الگوی حفاری انفجار کنترل شده و استفاده از ردیف ضربه گیر می توان به کاهش میزان عقب زدگی در این روش رسید.

### ۷- مراجع

- [1] BeretaG, 1990. Explosives: an Engineering tool.  
 [2] A. Aghajani Bazzazi, H. Mansouri, M.A. Ebrahimi. 2006 Application of Contorolled Blasting (Pre-Splitting) Using Larg Diameter Holes in sarcheshmeh coppers mine. in 8<sup>th</sup> international symposia on Rock Fragmentation by Blasting, Chile, 2006.  
 [3] A. firozadj, M.A. Ebrahimi, H. mansouri, Application of Contorolled Blasting (Pre-Splitting) in sarcheshmeh copper mine. in 8<sup>th</sup> international symposia on Rock Fragmentation by Blasting, Chile, 2006.

[۴] استوار، رحمت ا... ۱۳۸۰ آتشکاری در معادن، انتشارات جهاد دانشگاهی امیر کبیر، تهران، جلد دوم ۱۳۸۰

[۵] اصنانلو، مرتضی. ۱۳۸۴ روش های استخراج معادن سطحی، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، تهران، جلد دوم ۱۳۸۴

[6] lopez jimeno, c, Lopez jimeno, E, javier Ayala carcedo, F, 1995. Drilling & Blasting of Rocks.

[۷] قدسی پور، سید حسن. ۱۳۸۵ فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP)، انتشارات دانشگاه امیر کبیر، تهران ۱۳۸۵