SORMAK
معادن سرمک

مطالعات امکان‌سنجی و طرح راه‌اندازی

تولید دستگاه انفجار پلاسمایی در معادن

۱۴۰۴

خلاصه فنی و اجرایی طرح

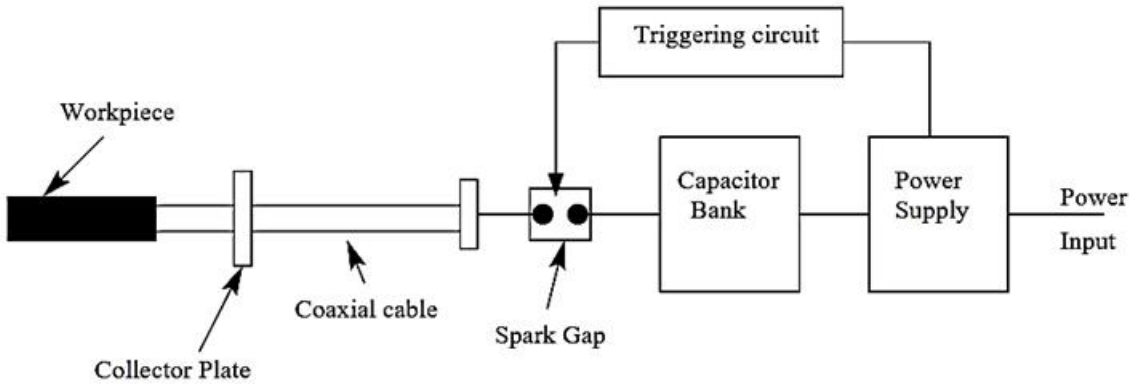
این بخش اختصاص به معرفی فنی طرح و ارزیابی شاخص‌های اجرایی آن دارد. در ادامه این بخش ضمن معرفی دقیق ویژگی‌های فنی محصول اطلاعاتی برآوردهایی از نظر میزان تجهیزات و نیروی انسانی مورد نیاز جهت اجرای طرح نیز ارائه شده است.

معرفی فنی طرح

دستگاه انفجار پلاسمایی (PBM) یک روش جدید مبتنی بر استفاده از پلاسما و تخلیه انرژی الکتریکی برای استخراج کانسنگ در معادن روباز و زیرزمینی است. این روش یکی از روش‌های در حال توسعه در زمینه استخراج است. با توجه به حجم و سرعت بالای استخراج و با توجه به صرفه اقتصادی آن، این فناوری به زودی جایگزین روش‌های سنتی خواهد شد و به توسعه شرکت‌های معدنی کمک خواهد کرد.

لازم به ذکر است مالکیت فکر محصول طرح فوق در داخل کشور بر اساس گواهی ثبت اختراع شماره ۰۰۲۶۶۲ الف/۹۲ مورخ ۱۳۹۹/۱۲/۰۹ به ثبت رسیده است که تصویر گواهی فوق در اسناد ضمیمه موجود است. در ضمن ثبت بین المللی PCT مالکیت فکری محصول در WIPO به شماره PCT/IB2021/059159 صورت گرفته است که تصویر آن در فایل پیوست قابل مشاهده بوده و در سامانه اینترنتی WIPO[1] قابل دسترسی است.

دستگاه طرح فوق در قالب کارتریج و پروب و همچنین برای کاربردهای خردایش سنگ با مواد به صرفه و بدون هیچ گونه آلایندگی شیمیایی عرضه می‌شود. در مدل کارتریج، انرژی آزاد شده از کانال پلاسمایی که در چال‌های انفجاری تشکیل می‌شود؛ موج شوک بسیار قوی با فشار چند ده گیگا پاسکال ایجاد کرده و باعث افزایش ریزترک‌ها می‌شود، در نتیجه مواد معدنی به سرعت از سینه کار جدا می‌شود.



از جمله مزایای محصول فوق می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

- سهولت اجرا و عدم نیاز به مجوز
- مقرون به صرفه بودن
- عدم تولید گاز سمی

[1] patentscope.wipo.int

- موج شوک و انفجار کنترل شده
- مصرف انرژی کم
- سرعت استخراج بیشتر
- خطرات انسانی و زیست محیطی کم
- قابلیت عملیات در تونل و معادن روباز
- و ...

انفجار پلاسمایی به این صورت عمل می‌نماید که دستگاه (که می‌تواند متناسب با میزان نیاز در ابعاد و تعداد ماژول‌های مختلف تولید شود) در نزدیکی محل تخریب قرار گرفته و کارتریج‌های مخصوص دستگاه در نقاط مورد نظر جهت انفجار قرار می‌گیرند. این کارتریج‌ها که به وسیله کابل هایی به خازن‌های دستگاه متصل شده‌اند پس از انتقال انرژی الکتریکی تقویت شده توسط خازن‌ها امکان یک انفجار پلاسمایی را ایجاد می‌نمایند که کاملا کنترل شده بوده و از آثار مخرب دینامیت در آن‌ها خبری نیست. لازم به ذکر است که این کارتریج‌ها با استفاده از مواد مایع خاصی پر می‌شوند که دانش تولید آن در اختیار شرکت بوده و به عنوان یکی از دارایی‌های علمی و اختصاصی شرکت محسوب می‌گردد.

به طور کلی فرآیند انفجار پلاسمایی را می‌توان در سه بخش اساسی زیر تقسیم بندی نمود:

نمونه هایی از کارتریج‌های انفجاری را می‌توان در تصویر زیر مشاهده نمود:

شکل ۱: تصویر کارتریج های دستگاه

دستگاه طراحی شده دارای سپرهای محافظی است که از آثار احتمالی ناشی از فرایند تخریب جلوگیری نماید. این سپرهای محافظ را در تصویر زیر می‌توان مشاهده نمود.

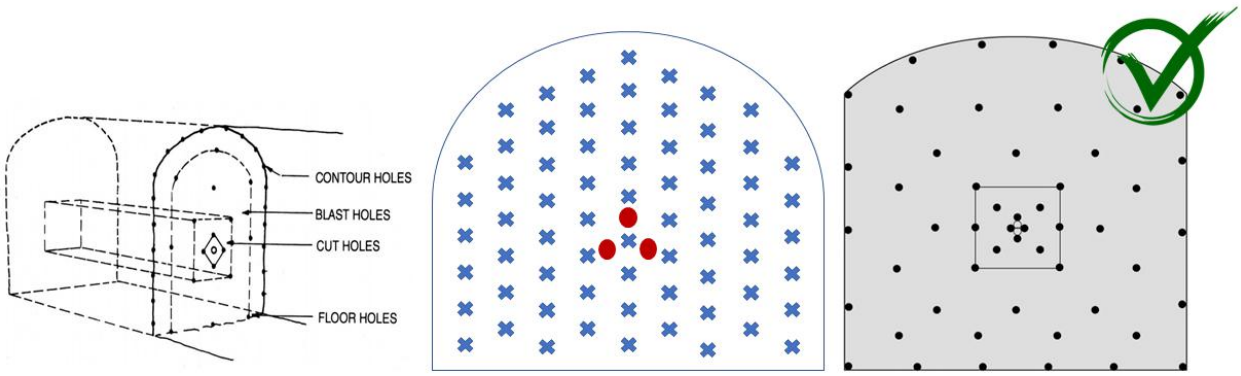
شکل ۲: تصویر سپر محافظ دستگاه

همانطور که پیشتر اشاره شد خرج گذاری دستگاه با استفاده از کابل‌های متصل به کارتریج‌ها صورت می‌پذیرد. تصاویر زیر نمونه هایی از نحوه خرج گذاری دستگاه را نشان می‌دهد.

شکل ۳: تصاویری از نحوه خرج گذاری دستگاه

شکل ۴: تصویری از اجرای فرآیند انفجار پلاسمایی

دستگاه فوق قابلیت طراحی و ساخت در قالب‌های متفاوت چندماژول را دارد. به این ترتیب که هر اندازه تعداد ماژول‌های دستگاه بیشتر باشد قدرت تخریب بالاتری را در اختیار مصرف کننده قرار می‌دهد و از تعداد خازن‌های بیشتری در آن استفاده خواهد شد و در نتیجه قیمت بالاتری نیز خواهد داشت. مجموعه این قابلیت را دارد که دستگاه هایی از ۱ ماژول تا ۱۰۰ ماژول تولید نماید که عملا نمونه‌های با تعداد ماژول‌های پایین را می‌توان آزمایشگاهی دانست و دستگاه هایی با بیش از ۱۲ ماژول از نمونه‌های صنعتی هستند که قابلیت ایجاد تخریبی متناسب با نیازمندی‌های موجود در معادن را ایجاد می‌نمایند. الگوی چال زنی و استفاده از دستگاه متناسب با تعداد ماژول‌ها و نیازمندی‌های تخریب در محل اجرا تعیین می‌گردد. تصویر زیر نمونه‌ای از الگوی چال زنی برای دستگاه ۳ ماژول می‌باشد.



شکل ۵: نمونه‌ای از طراحی الگوی چال زنی در دستگاه ۳ ماژول

دستگاه فوق به دلیل عدم استفاده از مواد ناریه بسیاری از مسائل زیست محیطی و مخاطرات انسانی را حذف کرده است. جدول زیر نشان دهنده مقایسه‌ای از استفاده پلاسما و مواد ناریه در تخریب می‌باشد.

جدول ۱: مقایسه مقدار مواد منفجره، انرژی و شرایط انفجار

مقایسه مقدار مصرف مواد انفجاری، انرژی و شرایط انفجار						
عامل انفجاری	**مواد مورد استفاده**	**انرژی هر کیلوگرم ماده**	**نوع انرژی**	**سرعت Detonation**	**محصول انفجار از هر کیلو ماده**	**دمای محلی انفجار (C)**
مواد ناریه	دینامیت	۷ مگاژول	۸۰٪ فشار گاز + ۲۰٪ درصد موج شوک	۳ تا ۶ کیلومتر بر ثانیه	۱۰۰۰ لیتر گازهای نیتروژن، اکسیژن و ...	۱۳۰۰
	TNT	۴ مگاژول		۷ کیلومتر بر ثانیه		
	آنفو	۳ مگاژول		۲ تا ۴ کیلومتر بر ثانیه		
پلاسما	محلول الکترولیت	۲۰ مگاژول	۸۰٪ موج شوک + ۲۰٪ درصد فشار گاز	۶ تا ۸ کیلومتر بر ثانیه	مقداری نانو ذرات فلزی، بدون آزادسازی گازهای سمی	۳۰۰۰ تا ۶۰۰۰

جدول زیر مقایسه‌ای است بین فاکتورهای کلیدی مانند آسیب‌های زیست محیطی و ایمنی بین انفجار مبتنی بر مواد ناریه و تخریب پلاسمایی.

جدول2 : مقایسه فاکتورهای کلیدی انفجار ناریه و تخریب پلاسمایی

Comparison with custom method		SAM-PBT	Custom
ایمنی	پرتاب سنگ	بسیار کم (کمتر از ۱۰ متر)	زیاد
	مواد سمی	ندارد	دارد
	انبارش و نگهداری مواد	آسان و بی خطر	سخت و حساس

فنی	نرخ پیشروی	m^3/day۱۰۰	m^3/day۲۰
	فشار نقطه‌ای	۲۰ گیگاپاسکال	چند مگاپاسکال
	کنترل انفجار	آسان	سخت
زیست محیطی	گازهای سمی آزاد شده	بسیار ناچیز	بسیار زیاد
	تحریک گسل	غیرممکن	به احتمال زیاد
محدودیت‌های قانونی	نظارت دولتی	عدم نیاز	نیاز به نظارت

جدول زیر نشان دهنده مقایسه‌ای است بین نوع موج انفجاری و فرکانس انفجار مبتنی بر مواد ناریه و تخریب پلاسمایی.

جدول ۳: مقایسه نوع موج انفجاری، فرکانس و شدت صوت ایجاد شده

مقایسه نوع موج انفجاری، فرکانس و شدت صوت ایجاد شده				
عامل انفجاری	**مواد مورد استفاده**	**نوع موج**	**فرکانس ارتعاش**	**تراز شدت صوت در فاصله ۲۰ متری**
مواد ناریه	دینامیت	موج الاستیک متناوب و تکرار شونده (عدم کنترل انفجار)	۱۰ تا ۳۰ هرتز (ایجاد رزونانس با فرکانس سازه و اثر تخریبی بر سازه)	حدود ۸۰ دسی بل
	TNT			
	آنفو			
پلاسما	محلول الکترولیت	موج پالسی و قابل کنترل	۵۰ تا ۱۲۰ هرتز (عدم ایجاد رزونانس با فرکانس سازه)	حدود ۶۰ دسی بل (تراز شدت صوت مکالمات انسان ۵۰ دسی بل است)

در خصوص دستگاه انفجار پلاسمایی می‌توان گفت که بر اساس جستجوهای صورت گرفته این دستگاه نه تنها در ایران بلکه در دنیا با این مکانیزم و گستره کاربرد برای نخستین بار توسعه داده شده و به مرحله تجاری رسیده است. تکنولوژی بکار رفته در دستگاه انفجار پلاسمایی گروه علمی صنعتی سام روشی نوین و بر پایه استفاده از پلاسما و تخلیه انرژی الکتریکی است که طرحی پیشرو و خاص در این زمینه در جهان بوده و برای اولین بار در ایران طراحی و ساخته شده است. کاربری‌های دستگاه را می‌توان در موارد زیر تقسیم بندی نمود:

- ✓ عملیات تخریب و حفاری در تونل به صورت کنترل شده و با سرعت پیشروی تا 5 برابر روش سنتی
- ✓ عملیات تخریب معدن باز
- ✓ خرد کردن بولدرهای حاصل از انفجارهای معادن روباز به به قطعات کوچکتر
- ✓ شکستن پایه‌های بتنی ساختمانی داخل شهر به صورت تخریب کنترل شده
- ✓ تخریب کنترل شده برای باربرداری قطعات ساختمانی در زلزله و مکان‌های سخت

بنابراین می‌توان گفت که این دستگاه صرفا برای کاربرد در معادن محدود نخواهد بود و برای استفاده در فعالیت‌های متفاوتی از تونل سازی تا خرد کردن قطعات بزرگ سنگی قابل استفاده می‌باشد. بنابراین بر اساس کاربری‌های مورد انتظار دستگاه را می‌توان در دو نوع کارتریجی و پروبی تولید کرده و مورد استفاده قرار داد.

در محصول فوق از نظر فنی امکان تشکیل پالس پلاسمایی تست شده و مورد تایید قرار گرفته است. این موضوع با استفاده از یک بانک خازنی ولتاژ بالا و سوئیچ‌های تخلیه سرعت بالا انجام میشود. با توجه به اینکه در این نوع انفجار، حدود ۸۰٪ انرژی به موج شوک اختصاص می‌یابد و ۲۰ ٪ انبساط گاز، تخریب به صورت بهینه تر و میرایی انرژی تا فواصل مورد قبولی از چال انفجاری انجام می‌شود.

شرکت دانش بنیان صدرا آتیه ماهور با نام تجاری سام هایتک به عنوان ایده پرداز و تنها تولید کننده دستگاه فوق در کشور شناخته می‌شود که موارد مالکیت فکری اثر فوق را در ایران در تاریخ ۲۸/۰۵/۱۳۹۹ با پتنت به شماره ۰۰۲۶۶۲ ثبت نموده است. ضمنا مالکیت فکری این محصول به شماره PCT/IB2021/059159 در تاریخ 06.10.2021 ثبت بین المللی شده است که اسناد موارد فوق در فایل پیوست قابل ملاحظه می‌باشند.

نکته کلیدی در تولید دستگاه طرح فوق استفاده از خازن هایی با فناوری سطح بالا می‌باشد که مسئولیت تقویت جریان‌های ولتاژ و انتقال آن به کارتریج‌های انفجاری را بر عهده دارند. بنابراین در تولید دستگاه طرح علاوه بر خط تولید دستگاه فاینال که شامل سوئیچ ها، اتصالات الکتریکی و ... می‌شود خط تولید خازن نیز به عنوان یکی از قطعات کلیدی دستگاه ایجاد خواهد شد.

تحلیل عوامل موثر بر محل اجرای طرح

در مرحله‌ی مقدماتی فرآیند برنامه‌ریزی محل اجرای طرح، معمولا یک بررسی تحقیقی به منظور یافتن مکان‌های مناسب جهت جایابی محل اجرای طرح انجام می‌گیرد. در بررسی عوامل موثر بر محل اجرای طرح، بررسی نکات زیر ضروری به نظر می‌رسد:

۱- در انتخاب محل اجرای طرح مهم‌ترین نکته تامین زیرساخت‌های مورد نیاز اجرا می‌باشد. بر این اساس و با توجه به دسترسی به سوله مناسب جهت ایجاد کارگاه مورد نیاز تولید در فرآیندهای تولید طرح، محل اجرای طرح در اطراف شهر تهران در نظر گرفته شده است.

۲- یکی از مواردی که باید در انتخاب محل اجرای طرح در نظر داشت نزدیکی به همکاران احتمالی پیشبرد طرح است. بر این اساس و با توجه به حضور متخصصین طرح در شهرهای کرج و تهران و با هدف دسترسی به امکانات تخصصی پایتخت محل اجرای طرح در شهر تهران در نظر گرفته شده است.

۳- بخش مهمی از مشتریان بالقوه طرح فوق شرکت‌های صاحب امتیاز و گرداننده معادن بزرگ در کشور می‌باشند که تمامی این مجموعه‌ها در پایتخت دفاتر مدیریتی دارند. از این لحاظ نزدیکی مکانی به این دفاتر در مذاکرات کسب و کاری امتیاز محسوب می‌گردد.

۴- با توجه به پراکندگی جغرافیایی مشتریان بالقوه و معادن در شهرهای مختلف در کشور عملا یک نقطه خاص تجمعی برای مشتریان طرح قابل تصور نیست؛ در صورت توسعه کسب و کار و بازار طرح در برخی نقاط جغرافیایی خاص مانند شهر کرمان و در صورت نیاز در فازهای توسعه طرح اقدام به راه اندازی دفاتر پشتیبانی در این شهرهای خاص خواهد شد.

۱/۱ هزینه مورد نیاز جهت انجام طرح در معادل روباز

برای انجام این طرح در معادن روباز نیاز به اغنای چند پارامتر می باشد:

۱- سطح انرژی

طرح مذکور جهت انجام انفجار در معادن تونلی به صورت صنعتی انجام شده است. تفاوتی که در مقیاس معدن باز وجود دارد، ارتفاع دیواره چال، قطر و فاصله چال های انفجاری از یکدیگر می باشد. لذا نیاز به سطح انرژی بسیار بیشتری نسبت به معدن تونلی می باشد. چرا که جهت ایجاد تخریب و خردایش قابل قبول، می بایست حجم انرژی بیشتری در چال های انفجاری تخلیه گردد.

۲- ادوات کنترلی

به توجه به افزایش سطح انرژی، ادوات کنترلی ولتاژ بالا و جریان بالا نیز می بایست قابلیت تحمل این حجم از افزایش سطح ولتاژ و انرژی را داشته باشند. اما با توجه به پالسی بودن این انرژی، نوع تکنولوژی کنترل پالس تغییر خواهد داشت و نیاز به آزمون و خطا دارد.

۳- سطح ایمنی دستگاه

با توجه به افزایش سطح ولتاژ و جریان، می بایست تجهیزات محافظتی بیشتر و حساس تری در دستگاه تعبیه گردد. از نظر تکنولوژی و هزینه قطعات تغییرات قابل توجهی ایجاد خواهد شد.

۴- نوع پالس و تخلیه

با توجه به افزایش حجم ماده مصرفی، نوع پالس و تخلیه نیز می بایست پتانسل تحریک این حجم از ماده را داشته باشد.

۵- افزایش تعداد ماژول و سطح عایقی

با توجه به کثرت چال انفجاری در معدن روباز، و در نتیجه افزایش تعداد ماژول های دستگاه، می بایست محافظت الکترومغناطیسی بین ماژول ها، تقویت گردد.

به منظور اجرای طرح در معادن روباز، با توجه به اینکه حجم تخریب بسیار قابل توجه بوده و عمق و ابعاد چال های انفجاری و همچنین فاصله چال ها از هم بسیار بیشتر از معدن تونلی است، لذا انرژی بیشتری مورد نیاز می باشد. انرژی بیشتر نیاز به بالا آوردن سطح ولتاژ و جریان داشته و در نتیجه تجهیزات پیشرفته تر و دقیق تری مورد نیاز می باشد.

جهت ساخت یک دستگاه ۱۰ ماژول با قابلیت عملیات در معادن روباز، نیاز به بودجه ۷۰۰ هزار دلاری و ۸ ماه زمان ساخت است که در جدول زیر، فازهای مرتبط با تحقیق و توسعه تا فاز ساخت آن ذکر شده است.

فاز	عنوان فاز	زمانبندی	هزینه فاز(USD)
فاز ۱	مطالعات امکان سنجی و استخراج اطلاعات و تدوین مستندات فنی	۲ ماه	$50,000
فاز ۲	ساخت، توسعه تکنولوژی و تست	۴ ماه	$600,000
فاز ۳	ارزیابی و بهینه سازی نهایی	۲ ماه	$50,000
جمع کل		۸ ماه	**$700,000**