مجله علمی – تحقیقی علوم انجنیری پوهنتون بغلان
د بغلان پوهنتون د انجنيري علومو علمي او څېړنيزه مجله
https://baghlan.edu.af -/ volume (1) , Issue (2), 2024, P(105-118)

مطالعه تاثیرات خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری ماشین‌های برمه

[1]پوهنیار وزیرمحمد امیری عضو کادر علمی دیپارتمنت انجنیری استخراج معادن مواد مفید جامد موسسه تحصیلات عالی پنجشیر

Study the Effects of Physical-Mechanical Properties of Mineral Rocks on the Drilling Speed of Drilling Machines

Abstract

Drilling of mineral rocks is an important and fundamental process used in various engineering fields. During mining extraction, drilling is utilized to create holes or cavities (drill holes) for the placement of explosives, water drainage, ventilation, and other purposes. The diversity of drilling machines and methods complicates the selection of the appropriate drilling device for specific rocks. Therefore, this research investigates the physical-mechanical properties of mineral rocks that significantly impact drilling speed, which constitutes the primary objective of this study.

In this research, using a literature review method, the physical-mechanical properties of mineral rocks that have a greater influence on drilling speed are examined. The results of this study indicate that the physical-mechanical properties of mineral rocks play a crucial and fundamental role in drilling speed. In hard and rocky materials, impact-rotary drilling methods are challenging, whereas using rotary drilling is not suitable when considering increased drill bit wear. The axial pressure on the drill stem is also influenced by the physical-mechanical properties of the mineral rocks, and drilling speed increases with higher axial pressure. However, this aspect is particularly significant in rocks with high abrasive properties, based on the changes in the efficiency of drilling machines. Therefore, in such cases, the axial pressure must be selected according to the degree of hardness and abrasiveness of the mineral rocks to achieve maximum possible drilling speed with minimal drill bit wear. Increasing the compressive strength of mineral rocks also complicates drilling operations, and drilling speed is inversely proportional to the compressive strength of the mineral rocks.

Keywords: Drilling, physical-mechanical properties of mineral rocks, drilling speed, axial pressure, compressive strength.

[1] *Email: wamiry222@gmail.com*

چکیده

برمه‌کاری احجار معدنی یک پروسه مهم و اساسی بوده که در عرصه‌های مختلف انجنیری مورد استفاده قرار می‌گیرد. هنگام استخراج معادن، برمه‌کاری به منظور ایجاد شپور یا سکواژن (حفره برمه) جهت جابجاسازی مواد منفجره، خروج آب، تهویه و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. طرق و انواع مختلف دستگاه‌های برمه موضوع انتخاب نوعیت دستگاه برمه را در احجار مورد نظر مغلق می‌سازد. بناً در این تحقیق خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی که روی سرعت برمه‌کاری تاثیر جدی دارند، مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته و هدف اساسی این تحقیق را تشکیل می‌دهد. در این تحقیق با استفاده از روش کتابخانه‌یی آن خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی که روی سرعت برمه‌کاری تاثیر بیشتر دارند، مورد بررسی قرار گرفته است. از نتایج این تحقیق به‌دست می‌آید که خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری نقش مهم و اساسی دارند. در احجار سخت و صخره‌یی طرق برمه‌کاری ضربه‌یی - دورانی به مشکل انجام می‌یابد، ولی استفاده از برمه‌کاری دورانی با در نظرداشت فرسایش بیشتر پل برمه گزینه مناسب نمی‌باشد. فشار محوری بالای ستاف برمه نیز مربوط به خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی بوده و سرعت برمه‌کاری با ازدیاد فشار محوری افزایش می‌یابد. لیکن این موضوع از نظر فرسایش پل برمه در احجاری که دارای خاصیت بیشتر ساینده‌گی می‌باشد بر مبنای تغییر بهره‌دهی دستگاه‌های برمه، از اهمیت خاص برخوردار است. بناً در این صورت فشار محوری باید با در نظرداشت درجه سختی و قابلیت ساینده‌گی احجار معدنی طوری انتخاب گردد تا سرعت برمه‌کاری اعظمی ممکنه را در صورت استهلاک کمتر پل برمه تأمین نماید. افزایش مقاومت فشاری احجار معدنی نیز سبب دشواری بیشتر امور برمه‌کاری گردیده و سرعت برمه‌کاری با مقاومت فشاری احجار معدنی معکوساً متناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برمه‌کاری، خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی، سرعت برمه‌کاری، فشار محوری، مقاومت فشاری

۱. مقدمه

پیشرفت علم و تکنالوجی در جهان باعث گردیده تا میکانیزم استفاده از تجهیزات و ابزارهای مختلف به‌گونه‌ی واضح تشریح و مورد بررسی همه جانبه قرار گیرند. امروز در جهان برمه‌کاری در رشته‌های مختلف انجنیری استفاده وسیع را به‌خود کسب نموده است. برمه‌کاری در بخش‌های مختلف از قبیل

اکتشاف معادن، استخراج معادن مواد مفید جامد، استخراج نفت و گاز، امور ساختمانی، خروج آب‌های زیرزمینی و غیره به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد.

هنگام استخراج معادن صخره‌یی و نیمه صخره‌یی به‌طریقه روباز و زیرزمینی نخستین مرحله پروسه‌های امور استخراجی عبارت از برمه‌کاری می‌باشد. با در نظرداشت قیمت بلند ماشین‌ها و دستگاه‌های برمه، معلومات مفصل در مورد پارامترهای آن‌ها و انتخاب وریانت مناسب این دستگاه‌ها مسئله مهم پنداشته می‌شود که با استفاده از آن می‌تواند شرایط بهتر و مساعد برای استخراج اقتصادی معادن فراهم گردد. در این اثر کلیه خواص فزیکی – میخانیکی احجار معدنی که روی سرعت برمه‌کاری هنگام حفر شپورها و سکواژن‌ها تاثیر دارند مورد تحقیق و بررسی همه‌جانبه قرار گرفته و هدف این تحقیق را تشکیل می‌دهد.

هدف برمه‌کاری ایجاد سکواژن‌ها و یا شپورها در کتله احجار مسیفی می‌باشد. برمه‌کاری سکواژن‌ها پروسه دشوار و پربها مخصوصاً در احجار صخره‌یی و سایر احجاری که به مشکل تخریب می‌شوند، می‌باشد. ارزش امور برمه‌کاری در معادن روباز در محدوده‌ی ۱۶ تا ۳۶ فیصد ارزش عمومی استخراج یک تن کتله معدنی را احتوا می‌نماید. بهره‌دهی تجهیزات بارکننده و انتقال دهنده، مدت دوام کار آن‌ها و مؤثریت بهره‌برداری آن‌ها مربوط به کیفیت پارچه شدن کتله معدنی می‌باشد. مؤثریت برمه‌کاری سکواژن‌های انفجاری توسط سرعت برمه‌کاری مشخص می‌گردد. سرعت برمه‌کاری اساساً توسط مقاومت احجار در برابر تخریب تحت تاثیر آله برمه و هم‌چنان نظر به پارامترهای آله برمه و طریقه تاثیر آن بالای زبوی سکواژن، قطر و عمق سکواژن، سرعت و دقت خارج ساختن مواد برمه شده از داخل زبوی، مشخص می‌گردد (قسیمی & نهوموف, ۱۳۵۹).

در مرحله‌ی عصری انکشاف امور برمه‌کاری، چندین طرق اساسی برمه‌کای مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارت از برمه‌کاری ضربه‌یی، برمه‌کاری دورانی، برمه‌کاری ضربه‌یی – دورانی، برمه‌کاری شروشکه‌یی (خوشه‌ای) و برمه‌کاری آتشی می‌باشد. در صورت برمه‌کاری ضربه‌یی آله برمه بالای زبوی شپور یا سکواژن ضربات وارد نموده و در آن فرورفتگی‌ها را ایجاد می‌نماید. در صورت هر ضربه بعدی آله برمه به یک زاویه معین دور خورده و به تدریج تمام مقطع شپور یا سکواژن را برمه می‌نماید. در صورت برمه‌کاری دورانی، آله برمه به صورت بلاوقفه به دور محور خود دوران نموده که محور آله برمه با محور شپور یا سکواژن مطابقت داشته و توسط فشار آله برمه و دوران آن احجار در زبوی شپور

یا سکواژن تخریب می‌شود. در این صورت تیغه‌های برنده پل برمه از سطح زبوی قشر نازک احجار را تخریب و یا برش می‌نماید (واحدی, ۱۳۹۹).

علاوه از برمه‌کاری ضربه‌یی و دورانی، طرق برمه‌کاری ضربه‌یی – دورانی و دورانی – ضربه‌یی نیز از هم فرق می‌شوند که نظر به پرنسیپ کار، هم‌زمان عمل دوران و ضربه را انجام می‌دهد. در صورت برمه‌کاری ضربه‌یی – دورانی، قوه محوری و مومنت دورانی در میله برمه به اندازه کم می‌باشد که مفهوم قابل ملاحظه نداشته و تخریب احجار مانند برمه‌کاری ضربه‌یی، صرف در نتیجه عمل ضربه آله برمه انجام می‌پذیرد. در صورت طریقه برمه‌کاری دورانی – ضربه‌یی، تخریب احجار هم‌چنان عمدتاً به‌وسیله ضربات یعنی در زمانی که احجار تحت فشار زیاد قوه دوران و محوری پل‌های برنده آله برمه قرار دارد، صورت می‌گیرد. به این اساس مؤثریت برمه‌کاری دورانی – ضربه‌یی افزایش می‌یابد (واحدی, ۱۳۹۹).

۲. پیشینه تحقیق

برمه‌کاری یکی از پروسه‌های مهم و کلیدی هنگام استخراج معادن به‌طریقه روباز و زیرزمینی محسوب می‌گردد. برمه‌کاری عبارت از ایجاد حفره‌ها (شپور و سکواژن) با قطر معین در احجار می‌باشد که به منظور اکتشاف معادن، امور انفجاری جهت استخراج معادن مواد مفید جامد، استخراج نفت و گاز، خروج آب و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرند. امروز از طریقه‌های مختلف برمه‌کاری مانند برمه‌کاری میخانیکی، برمه‌کاری حرارتی، برمه‌کاری انفجاری و غیره استفاده به‌عمل می‌آید. رشته برمه‌کاری نیز مانند سایر رشته‌ها مراحل ابتدایی را سپری نموده تا بالاخره امروز با پیشرفت تکنالوجی، طرق معاصر میکانیزه و اتوماتیزه برمه‌کاری جایگزین طرق کلاسیک گردیده است.

برمه‌کاری سکواژن‌های انفجاری عبارت از تخریب احجار توسط آله برمه و خارج ساختن مواد برمه شده از شپورها یا سکواژن به‌سطح زمین می‌باشد. برمه‌کاری سکواژن‌ها و شپورها توسط ماشین‌های مخصوص (دستگاه های برمه) صورت گرفته که نظر به‌طریقه تخریب احجار آنها به دو گروپ عمده تقسیم می‌شوند که عبارت اند از: ۱ - با تاثیر میخانیکی روی زبوی سکواژن ۲ - با تاثیر فزیکی روی زبوی سکواژن. به گروپ اول دستگاه های برمه دورانی با پل‌های برنده (برمه کاری شنیکی) نوع (СЬР)، دستگاه های برمه با پل های شروشکه ئی نوع (С ЬШ) و دستگاه‌های برمه نوع (СЬу) که ضربه زن پنوماتیکی فرورونده آن داخل حفره قرار می‌گیرد، شامل می‌گردند. به گروپ دوم دستگاه های برمه حرارتی نوع (СЬО) ارتباط دارد (قسیمی & نهوموف, ۱۳۵۹).

در سال ۱۹۷۶ بایر و کالدیر به اساس مطالعات و تجارب خود در یک معدن آهن در امریکای شمالی به این نتیجه رسیدند که علاوه از فشار محوری بالای پل برمه و سرعت دوران آن دو عامل دیگر که عبارت از قطر پل برمه و مقاومت فشار یک محوری می‌باشد، در سرعت برمه‌کاری نیز تاثیر جدی دارند. بنا بر این سرعت برمه‌کاری را با در نظرداشت سه عامل یاد شده ذریعه فورمول ذیل دریافت می‌گرد (اصانلو، ۱۳۹۳).

$$R_P = (61 - 28log\sigma_u)\frac{w}{d}.\frac{RPM}{300} \qquad (۱)$$

در این‌جا R_P – سرعت برمه‌کاری به فوت در ساعت، σ_u – مقاومت فشار یک محوری احجار برمه شونده به $^{1000\ f}/_{inch^2}$، w - فشار محوری بالای پل برمه به هزار پوند (1000f)، d – قطر پل برمه و RPM - سرعت دوران میله برمه در یک دقیقه می‌باشد. با افزایش عمق سکواژن، سرعت برمه‌کاری کاهش یافته که علت آن ازدیاد مدت پائین و بالا نمودن آله برمه و ضایعات انرژی بالای اصطکاک میله برمه با جدار سکواژن می‌باشد. و در صورت حفر سکواژن‌های فوقانی فشار آله برمه کاهش می‌یابد، که این امر خود سرعت برمه را ۲۰ – ۴۰ فیصد در عمق ۴۰ – ۵۰ متر، کاهش می‌دهد (سهاک ع. , ۱۳۹۰).

۳. مواد و روش تحقیق

این اثر به اساس جمع‌آوری راپورهای علمی در بخش برمه‌کاری احجار معدنی در معادن روباز و زیرزمینی با داشتن خواص فزیکی – میخانیکی مختلف احجار معدنی، استفاده از موخذهای معتبر کتابخانه‌ها، تحلیل و ارزیابی مقالات جدید نشر شده در ژورنال‌های معتبر ملی و بین‌المللی به رشته تحریر در آمده است.

۴. یافته‌های تحقیق

عوامل مؤثر در سرعت برمه‌کاری به دو بخش عمده تقسیم می‌گردد که عبارت از عوامل مربوط به احجار برمه شونده و عوامل مربوط به دستگاه برمه می‌باشد. خواص اصلی فزیکی - میخانکی احجار معدنی که روی میکانیزم نفوذ پل برمه در احجار تاثیر داشته و نظر به آن نوعیت ماشین‌های برمه و طریقه برمه‌کاری انتخاب می‌گردد؛ عبارت از سختی، محکمی، پلاستیکیت، ارتجاعیت، ساینده‌گی، درزداری می‌باشد. از جمله فکتورهای مربوط به دستگاه‌های برمه می‌توان از فشار محوری بالای میله برمه، سرعت دوران پل برمه، مقدار هوای فشرده، نوع، شکل و قطر پل برمه نام برد.در این‌جا فکتورهای متذکره را مورد بررسی قرار می‌دهیم (Thuro, 1997).

سختی عبارت از مقاومت احجار در مقابل نفوذ جسم سخت‌تر می‌باشد که جسم سخت باید دیفرمیشن نه‌نماید. مقاومت در مقابل نفوذ یک سنگ مربوط به سختی، ترکیب منرالی، تخلخل، مقدار رطوبت و غیره خواص همان سنگ می‌باشد. سختی احجار مقاومت ابتدایی و اصلی است که هنگام برمه‌کاری در مقابل آله برمه مقاومت می‌کند. احجار به اساس مقدار سختی خود با استفاده از مقیاس موس طبقه بندی می‌شود. برای دریافت سختی یک جسم مطابق به مقیاس موس طوری عمل می‌شود که جسم مورد نظر روی اجسامی که سختی آن توسط موس تعیین و درجه بندی گردیده است و یا نزدیک به آن باشد، خراشیده می‌شود. عدد مقیاس موس ۱ تا ۱۰ می‌باشد. در جدول (۱) رابطه بین سختی و مقاومت فشاری احجار نشان داده شده است.

جدول ۱: رابطه بین سختی و مقاومت فشاری احجار معدنی (اصانلو, ۱۳۹۳)

شماره	طبقه بندی احجار معدنی نظر به سختی آن	مقیاس سختی موس	مقاومت فشاری احجار معدنی (Mpa)
۱	بسیار سخت	+۷	+۲۰۰
۲	سخت	۶-۷	۱۲۰-۲۰۰
۳	نیمه سخت	۴,۵-۶	۶۰-۱۲۰
۴	نیمه نرم	۳-۴,۵	۳۰-۶۰
۵	نرم	۲-۳	۱۰-۳۰
۶	بسیار نرم	۱-۲	-۱۰

محکمی عبارت از مقاومت احجار در مقابل تخریب که در نتیجه قوه‌های ستاتیکی و دینامیکی به میان می‌آید، می‌باشد. احجار در مقابل فشار یک محوری بیشترین مقاومت را از خود نشان می‌دهند. معمولاً مقاومت کششی احجاز از ۱۰ الی ۱۵ فیصد مقاومت فشاری آن‌ها تجاوز نمی‌کند. این موضوع به دلیل موجودیت بیشترین بی‌نظمی‌های موضعی و چسبندگی پائین بین ذرات تشکیل دهنده احجار، تشریح می‌گردد. محکمی اساساً مربوط به ترکیب منرالی احجار می‌باشد که از جمله‌ی منرال‌های تشکیل دهنده احجار، کوارتز بیشترین مقاومت را در مقابل تخریب دارا بوده و مقدار این مقاومت بیشتر از ۵۰۰ میگاپاسکال می‌رسد. مقاومت فشاری سلیکات‌های آهن و مگنیزیم و سلیکات‌های المونیم از ۲۰۰ تا ۵۰۰ میگاپاسکال در تغییر است. این مقاومت در کلسیت بین ۱۰ تا ۲۰ میگاپاسکال می‌رسد. بنابر این احجار معدنی که در ترکیب آن مقدار کوارتز بیشتر باشد، محکمی آن نیز افزایش می‌یابد.

مقاومت منرال‌ها در مقابل تخریب بستگی به اندازه کرستال‌های آن دارد و با افزایش اندازه کرستال‌ها مقاومت آن کم می‌شود. این تاثیر زمانی مورد توجه خاص قرار می‌گیرد که اندازه کرستال‌ها کمتر از ۰,۵ میلی‌متر باشد. هرگاه قوه چسبش بین دانه‌ها مطرح باشد، تاثیر اندازه کرستال‌ها روی مقاومت کمتر می‌شود. برای احجاری که دارای لیتولوژی مشابه باشند، مقاومت آن در برابر تخریب به اساس مقدار تخلخل آن متناسب بوده و با افزایش تخلخل احجار، محکمی آن کاهش می‌یابد. موجودیت تخلخل در احجار تعداد نقاط تماس ذرات منرال‌ها و قوه عکس‌العمل بین این ذرات را کاهش می‌دهد. عمق تشکیل احجار و درجه میتامورفیزم آن نیز از جمله عوامل عمده تعیین کننده محکمی احجار شمرده می‌شود، طور مثال مقاومت طبقات احجار رسوبی نزدیک به سطح زمین می‌تواند در حدود ۲ تا ۱۰ میگاپاسکال باشد.

ساینده‌گی عبارت از مقاومت احجار در مقابل سایش ناشی از تماس جسمی سخت‌تر می‌باشد. هنگام مالش و یا سایش ضمن حرکت، عواملی که مقاومت ساینده‌گی احجار را افزایش می‌دهند، عبارت اند از: ۱ - سختی دانه‌های احجار. احجاری که دارای دانه‌های کوارتز هستند، شدیداً ساینده می‌باشند.۲ - شکل دانه‌ها. دانه‌های نوک تیز دارای قابلیت بیشتر ساینده‌گی نسبت به دانه‌های کروی و مدور می‌باشند. ۳ - نامتجانس بودن. احجاری که از چندین منرال تشکیل گردیده باشد دارای خاصیت بیشتر ساینده‌گی می‌باشد حتی اگر این احجار از منرال‌ها با سختی یکسان تشکل گردیده باشند. برای مثال می‌توان دانه‌های کوارتز در گرانیت را نام برد. خاصیت ساینده‌گی احجار تاثیر بیشتر را روی طول عمر میله و پل برمه دارد. شاخص ساینده‌گی احجار درسال ۲۰۰۲ توسط پلینینگر آلمانی ذریعه فورمل ذیل توضیح گردیده است (قویدل, ۱۳۹۰).

$$RAI = EqQtz \times UCS \qquad (۲)$$

در فورمول مذکور، $EqQtz$ – مقدار فیصدی کوارتز در احجار مورد نظر و UCS – مقدار مقاومت فشاری احجار به میگا پاسکال می‌باشد.

سترکچر و تکسچر احجار نیز یک فکتور بسیار مهم و اساسی در سرعت برمه‌کاری شمرده می‌شود. در قسمت سترکچر و تکسچر احجار اندازه، شکل و مقدار ماتریکس (ذرات خورد و ریزه که بین ذرات بزرگ قرار دارند) مورد مطالعه قرار می‌گیرند. از نظر جسامت، دانه‌های بزرگ‌تر قابلیت برمه‌کاری بهتر را دارا می‌باشند. شکل ذرات تشکیل دهنده احجار نیز در پروسه برمه‌کاری یک فکتور مهم تلقی می‌شود. احجاری که دارای منرال‌های مسطح و ذرات کروی باشند، در مقایسه با ذرات نوک تیز، در

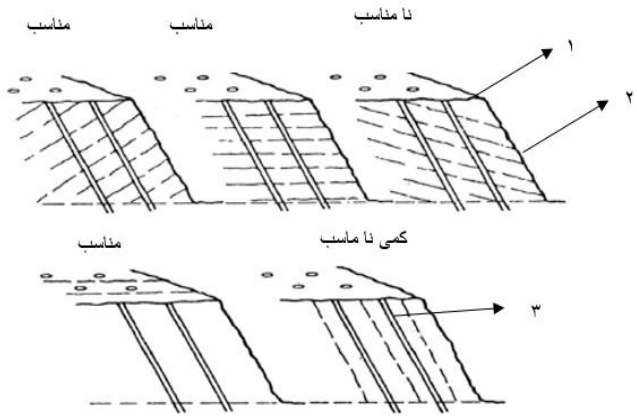
هنگام برمه‌کاری، سایش کمتر را ایجاد نموده و دارای قابلیت بهتر برمه‌کاری می‌باشند (قویدل, ۱۳۹۰).

شکستگی‌ها عبارت از تخریب و بی‌جا شدن احجار است که یک‌لخت بودن آن‌را از بین می‌برد. شکستگی‌ها یا بیجایی احجار از جمله‌ی ساختمان‌های بسیار گسترش یافته زمین می‌باشد. اندازه آن‌ها مختلف بوده که از درزهای کوچک تا شکستگی‌های بزرگ را در بر می‌گیرند و به اساس شکل، امپلتیود بیجایی و یک عده پارامترهای دیگر تفکیک می‌گردند (سهاک ن. , ۱۳۹۲). شکستگی احجار از اهیمت خاص برخوردار بوده و قبل از آغاز امور برمه‌کاری تشخیص شکستگی و نوع آن یک امر ضروری و لازمی می‌باشد. سطوح شکستگی‌های احجار بسیار ضعیف می‌باشند و حین اجرای امور برمه‌کاری برای فشار محوری بیشتر بالای پل برمه نیاز جدی دیده نمی‌شود لیکن در این صورت سرعت دورانی میله برمه را می‌توان افزایش داد. بنا بر این در این نوع شرایط ماشین‌های برمه‌کاری ضربه‌یی از اهمیت بیشتر برخوردار بوده و یک وریانت بهتر برمه‌کاری پنداشته می‌شود. با دور شدن از زون شکست، احجار با هم پیوست گردیده و از محکمی بیشتر برخوردار می‌باشند. در مجموع بندش پل برمه، کاهش سرعت برمه‌کاری و افزایش استهلاک آن، عمده‌ترین عوارض ناشی از موجودیت زون‌های خرد شده‌ی شکستگی‌ها گفته می‌شود (قویدل, ۱۳۹۰).

قابلیت برمه‌کاری احجار معدنی به فاصله‌ی بین درزها نیز بستگی دارد. موجودیت درزهای چندین سیستمه در احجار معدنی باعث بحرانی شدن پروسه برمه‌کاری می‌گردد. با افزایش درزداری احجار معدنی و فاصله کم بین درزها سرعت برمه‌کاری کاهش می‌یابد. اگر فاصله بین درزها بیشتر از یک متر باشد در این صورت احجار برمه شونده منحیث کتله یک‌لخت در نظر گرفته می‌شود. در سیستم طبقه بندی قابلیت برمه‌کاری احجار معدنی (RDi) احجار معدنی که فاصله بین درزهای آن بیشتر باشد، امتیاز زیاد در نظر گرفته شده است که شرح آن در جدول (۲) درج می‌باشد.

جدول ۲: امتیاز فاصله بین درزها در سیستم RDi (Hoseinie, Aghababaei, & Pourrahimian, 2008)

فاصله بین درزها به متر	بزگتر از ۲	۲-۱	۱-۰,۵	۰,۵-۰,۱۵	کمتر از ۰,۱۵
امتیاز از صد	۱۸	۱۳	۹	۵	۱



شکل ۱: موقعیت مناسب سکواژن‌ها در احجار درزدار (استوار, ۱۳۷۵).

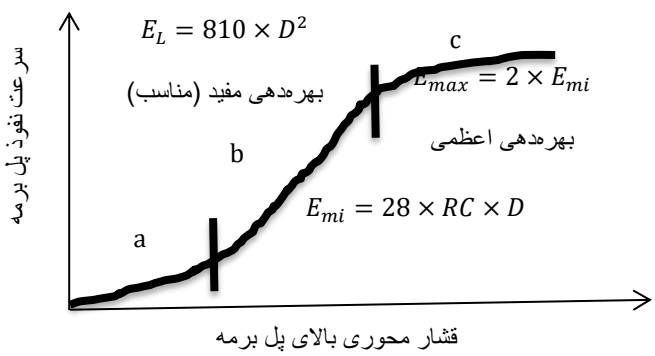
زاویه میلان درزها نیز روی سرعت برمه‌کاری تاثیر دارد. موجودیت درزهای مایل باعث انحراف سکواژن، کاهش فشار محوری و بالاخره کاهش سرعت برمه‌کاری می‌گردد. از طرف دیگر در درزهای باز که دارای مواد پرکننده باشند، تماس سکواژن با این نوع درزها باعث ریزش مواد پرکننده گردیده که این پدیده سبب بندش پل برمه و پر شدن سکواژن بعد از برمه‌کاری می‌گردد. درشکل (۱) محل مناسب سکواژن‌ها نظر به سیستم درزداری تعیین گردیده است. در شکل۱: ۱ – پته ۲ – میلان پته ۳ – سکواژن را نشان می‌دهد.

فشار محوری عبارت از مقدار بار است که از طریق میله بالای پل برمه عمل می‌نماید. مقدار این قوه مربوط به قطر پل برمه، نوعیت سیستم برمه‌کاری، مقاومت احجار در مقابل تخریب و نوعیت پل برمه می‌باشد. مقدار این قوه از ده‌ها تا ۸۰۰۰ پوند در هر انچ می‌رسد. در جدول (۳) مقدار فشار محوری پیشنهادی انواع مختلف پل‌های برمه برای برمه‌کاری احجار سخت درج گردیده است.

جدول ۳: فشار محوری پیشنهادی برای پل‌های برمه با قطرهای مختلف در احجار سخت (اصانلو، ۱۳۹۳).

شماره	قطر پل برمه به (انچ)	فشار محوری پیشنهادی بالای پل برمه به (کیلوگرام)
۱	۵	۹۰۷۰
۲	۷	۱۵۸۷۲
۳	۹	۲۷۲۱۰
۴	۱۲	۳۴۰۱۲
۵	۱۵	۵۴۴۲۰

در صورت کاهش مقدار فشار محوری بالای پل برمه از یک طرف بهره‌دهی ماشین برمه کاهش یافته و از طرف دیگر انرژی تولید شده برای احجار به موقع نمی‌رسد و این امر باعث می‌گردد تا انرژی تولید شده به حرارت مبدل گردد. بالاخره این حرارت توسط میله و پل برمه جذب گردیده و سبب فرسایش آن‌ها می‌گردد. اگر فشار محوری بالای پل برمه از حد نورمال بیشتر انتخاب گردد در این صورت پل برمه در همه طرق برمه‌کاری (ضربه‌یی، دورانی و غیره) به صورت آزاد حرکت نتوانسته و باعث کندی و توقف ماشین برمه خواهد شد. با در نظرداشت مطالب فوق چنین نتیجه می‌شود که سختی و محکمی احجار از جمله‌ی فکتورهای مهم وکلیدی در تعیین و انتخاب سرعت برمه‌کاری احجار شمرده می‌شوند. بناً جهت افزایش سرعت برمه‌کاری باید فشار محوری مناسب و مفید را که جوابگوی همه مطالبات فوق باشند و ماشین برمه بتواند به شکل نورمال بالای مقاومت فشاری احجار غلبه نماید، انتخاب گردد.



شکل ۲: تغییرات سرعت برمه‌کاری نسبت به تغییرات فشار محوری بالای پل برمه (قویدل, ۱۳۹۰)

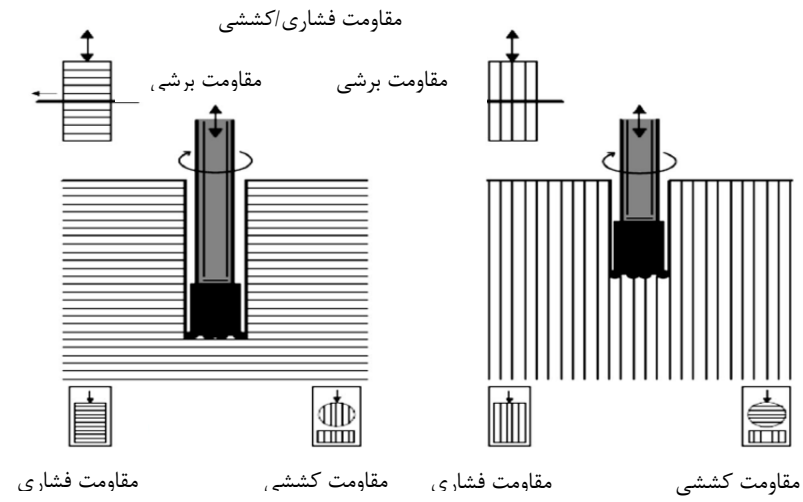
خطوط تابعی بین سرعت برمه‌کاری و فشار محوری بالای پل برمه در احجار مختلف، داری شکل ظاهری یکسان و نسبتاً با هم دیگر مشابهت دارند. با در نظرداشت این مطلب تغییرات سرعت برمه‌کاری نسبت به تغیرات فشار محوری بالای پل برمه در گراف شکل (۲) توضیح می‌گردد. روابطی که در شکل (۱) درج می‌باشند، مقدار فشار محوری اصغری، اعظمی و مناسب (E_L, E_{max}, E_{min}) را با درنظرداشت مقاومت احجار (RC) به میگا پاسکال و قطر سکواژن (D) به انچ بیان می‌کند. در صوتی که فشار محوری کمتر از حد اصغری انتخاب گردد، سرعت برمه‌کاری مفید نبوده و در حالت که فشار محوری بیشتر از حد اعظمی (E_{max}) باشد باعث بندش پل برمه در احجار و کاهش بهره‌دهی برمه‌کاری می‌گردد.

۴-۱. مقاومت فشاری یک محوری احجار

مقاومت فشاری یک محوری عبارت از مقدار پایداری احجار در مقابل قوه‌های خارجی (ستاتیکی و دینامیکی) می‌باشد. مقاومت فشاری احجار در رشته‌های مختلف انجنیری قابل استفاده می‌باشد بناً این شاخص از اهمیت خاص برخوردار بوده و در بیشترین طبقه‌بندی‌های احجار منحیث یک علامه‌ی مهم فارقه مورد استفاده قرار می‌گیرد. با درنظرداشت توضیحات فوق می‌توان گفت که مقاومت فشاری از جمله‌ی پارمترهای مهم احجار بوده که سرعت و قابلیت برمه‌کاری احجار را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به هر اندازه که مقاومت فشاری احجار بیشتر باشد، به همان اندازه از قابلیت برمه‌کاری آن کاسته می‌شود. تا اکنون در بسیاری از منابع علمی در مورد برمه‌کاری، تاثیر مقاومت فشاری در سرعت برمه‌کاری مورد تأکید قرار گرفته است. مقاومت فشاری احجار به چگونگی جهت قوه وارده بالای جهت تورق و درزداری احجار نیز بستگی دارد. مقاومت فشاری احجار که قوه خارجی عمود به جهت تورق و درزداری آن عمل نماید نسبت به احجاری که موازی به سیستم تورق آن عمل می‌نماید، بیشتر می‌باشد. در شکل (۳) جهت قوه وارده بالای جهت سیستم درزداری و تورق احجار نشان داده شده است (Thuro & Spaun, 1996).

تحقیقات انجام شده در مورد عوامل مؤثر در سرعت برمه‌کاری نشان می‌دهد که سرعت برمه‌کاری با فشار محوری معکوساً متناسب بوده و برمه‌کاری در احجار با مقاومت فشاری بالا به دشواری انجام یافته که در نتیجه سرعت برمه‌کاری در این نوع حجار کاهش می‌یابد.

۵. مناقشه



شکل ۳: تاثیر جهت تورق و درزداری احجار روی سرعت برمه‌کاری (Thuro & Spaun, 1996)

از بررسی فکتورهای مهم و تاثیر گذار روی سرعت برمه‌کاری به ملاحظه می‌رسد که خواص فزیکی - میخانیکی احجار برمه‌شونده به‌خصوص سختی، ساینده‌گی و مقاومت فشاری در تعیین مقدار فشار محوری بالای ستاف برمه تاثیر مهم و اساسی دارند. فشار وارده بالای میله برمه باعث تعیین سرعت برمه‌کاری می‌شو که باید با درنظرداشت فکتورهای مختلف طبیعی و تکالوژیکی انتخاب گردد. از نتائیج این تحقیق در رابطه به موضوع مورد بحث چنین نتیجه می‌شود که برای انتخاب طریقه و پارامترهای برمه‌کاری باید آزمایشات مورد نیازلابراتواری بالای احجار برمه شونده از قبیل تعیین درجه سختی، ساینده‌گی، مقاومت فشاری و غیره انجام یابند. انواع برمه‌کاری‌های میخانیکی که عبارت از برمه‌کاری ضربه‌یی، دورانی، ضربه‌یی – دورانی و دورانی – ضربه‌یی؛ می‌باشند نیز به همین اصل استوار است. طوریکه در برمه‌کاری ضربه‌یی، احجار ذریعه قوه ضربه در زبوی شپور یا سکواژن تخریب می‌گردد و از این طریقه معمولاً در احجار سخت و صخره‌یی استفاده به‌عمل می‌آید اما در احجار نرم چون قابلیت ساینده‌گی آن کمتر می‌باشد، بهتر است که از طریقه دورانی برمه‌کاری استفاده به‌عمل

آید. لیکن تصمیم گیری در مورد احجاری که احتمال هر دو نوع برمه‌کاری در آن حایز اهمیت است، یک مسئله‌ی پیچیده به نظر می‌رسد. در این صورت باید از فکتورهای متعدد در انتخاب طریقه برمه‌کاری استفاده به‌عمل آید. رابطه میان فشار محوری و سرعت برمه‌کاری نشان می‌دهد که در صورت کاهش فشار محوری از حد اصغری، سرعت برمه‌کاری مفید نبوده و در حالت که فشار محوری بیشتر از حد اعظمی (Emax) انتخاب گردد، باعث بندش پل برمه در احجار و کاهش بهره‌دهی برمه‌کاری می‌گردد.

۶. نتیجه‌گیری

از تحقیق و بررسی خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری ماشین‌های برمه نتائیج ذیل به‌دست می‌آید:

خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی روی سرعت برمه‌کاری تاثیر فوق‌العاده مهم و اساسی دارند که از آن‌جمله سختی، محکمی و ساینده‌گی احجار معدنی روی سرعت دستگاه‌های برمه تاثیر بیشتر دارند. تابع مقاومت فشاری و سختی احجار نشان می‌دهد که با افزایش درجه سختی احجار مقاومت فشای آن نیز افزایش می‌یابد. از نتائیج روابط گرافیکی بین فشار محوری و سرعت برمه‌کاری به‌دست می‌آید که با کاهش و افزایش بسیار زیاد فشار محوری سرعت برمه‌کاری کاهش می‌یابد یا به عبارت دیگر ارتباط سرعت برمه‌کاری با فشار محوری یک تابع خطی نمی‌باشد که این موضوع مسئله را پیچیده ساخته و فکتورهای تاثیر گذار در انتخاب سرعت برمه‌کاری را نیز افزایش می‌دهند. از بررسی عوامل مؤثر در تعیین فشار محوری به‌دست می‌آید که اندازه آن نیز مربوط به فکتورهای مختلف می‌باشد. در احجار سخت افزایش فشار محوری باعث سایش بیشتر پل‌های برمه می‌گردد. بناً در این حالت باید استهلاک پل‌برمه را با توجه به افزایش سرعت برمه‌کاری در نظر گرفت. در احجار نرم و با سختی کم افزایش فشار محوری می‌تواند سبب بلند شدن بهره‌دهی مطلوبه دستگاه برمه گردد.

۷. پیشنهادات

برمه‌کاری حین استخراج معادن به‌طریقه روباز و زیرزمینی یک پروسه مهم و اساسی می‌باشد، بناً برای تعیین نوعیت دستگاه برمه باید آزمایشات مورد نیاز لابراتواری جهت تعیین خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی صورت گیرند. فشار محوری دستگاه‌های برمه در تعیین سرعت برمه‌کاری

نقش مهم و اساسی داشته، بناً مقداراین فشار باید با در نظرداشت خواص فزیکی - میخانیکی احجار معدنی به خصوص سختی و ساینده‌گی تعیین و انتخاب گردد.

۸. فهرست منابع

1. Hoseinie, S., Aghababaei, H., & Pourrahimian, Y. (2008). Development of a new classification system for assessing of Rock mass Drillability index. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 1-10.
2 Thuro, K. (1997). Drillability prediction- geological influences in hard rack drill and blast. tunneling. Geol Runsch, 426-438.
3 Thuro, K., & Spaun, G. (1996). Intoducing the destruction work as a new rock property of referring to drillability in convetioal drill and blast tunneling. *Eurok 96, toughness Turin, Italy*.

۴. اصانلو, م. (۱۳۹۳). *روش‌های استخراج معادن سطحی*. تهران, ایران: ، انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر(پلی تکنیک تهران).
۵. اصانلو, م. (۱۳۹۳). روش‌های حفاری، چاپ سوم. ایران: مرکز نشر صدا.
۶. رحمت‌الله استوار. (۱۳۷۵). آتش‌کاری در معادن، جلد اول. ایران: انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی امیر کبیر .
۷. سهاک, ع. (۱۳۹۰). تکنالوژی استخراج زیرزمینی معادن فلزی و غیر فلزی. کابل: انتشارات مطبعه وزارت تحصیلات عالی.
۸. سهاک, ن. (۱۳۹۲). جیولوجی عمومی. کابل: انتشارات مستقبل.
۹. قسیمی, م., & نهوموف, ا. (۱۳۵۹). تکنالوجی استخراج برهنه معادن مواد مفیده. کابل: وزارت تحصیلات عالی.
۱۰. قویدل, م. (۱۳۹۰). طبقه بندی قابلیت حفاری توده‌سنگ‌ها و پیش‌بینی سرعت حفاری در معدن سنگ آهن گل‌گهر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. ایران: دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفزیک، دانشگاه شاهرود.
۱۱. واحدی, ع. (۱۳۹۹). اساسات امور معدن. کابل: انتشارات مطبعه عازم.