

جمهوری اسلامی ایران  
معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور

# راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما

نشریه شماره ۳۷۸

وزارت صنایع و معادن  
معاونت امور معادن  
دفتر نظارت و ایمنی معادن  
<http://www.mim.gov.ir>

معاونت نظارت راهبردی  
دفتر نظام فنی اجرایی  
<http://tec.mporg.ir>

۱۳۸۷



[omoorepeyman.ir](http://omoorepeyman.ir)

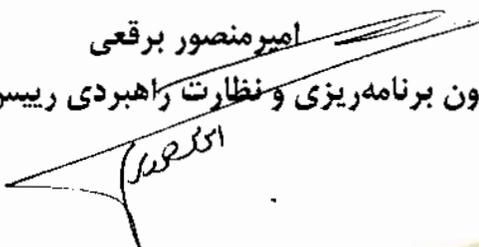




ریاست جمهوری

معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی

بسمه تعالی

|  |            |  |
|--|------------|--|
| شماره:   | ۱۰۰/۱۰۰۹۵۰ | بخشنامه به دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور و پیمانکاران |
| تاریخ:   | ۱۳۸۷/۱۰/۲۸ |  |
| موضوع:   |            | راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما    |
| <p>به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرح‌های عمرانی، موضوع ماده (۲۳) قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت/۳۳۴۹۷ هـ، مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیأت محترم وزیران)، به پیوست نشریه شماره ۳۷۸ دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری، با عنوان «راهنمای اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما» از نوع گروه سوم ابلاغ می‌شود.</p> <p>دستگاه‌های اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده کنند و در صورتی که روش‌ها، دستورالعمل‌ها و راهنمای بهتری در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این بخشنامه الزامی نیست. عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از دستورالعمل‌ها، روش‌ها یا راهنماهای جایگزین را به دفتر نظام فنی اجرایی ارسال کنند.</p> |            |  |
| <p>امیرمنصور برقی<br/>معاون برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور</p>    |            |  |
|   |            |  |



## اصلاح مدارک فنی

### خواننده گرامی:

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این نشریه کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط‌های مفهومی، فنی، ابهام، ابهام و اشکالات موضوعی نیست.

از این رو، از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال فنی

مراتب را به صورت زیر گزارش فرمایید:

- ۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.
  - ۲- ایراد مورد نظر را به صورت خلاصه بیان دارید.
  - ۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.
  - ۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.
- کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را به دقت مطالعه نموده و اقدام مقتضی را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر جنابعالی قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، میدان بهارستان، خیابان صفی‌علی‌شاه، مرکز تلفن ۳۳۲۷۱، دفتر نظام فنی اجرایی  
Email: [tsb.dta@mporg.ir](mailto:tsb.dta@mporg.ir) web: <http://tec.mporg.ir/>





## بسمه تعالی

### پیشگفتار

طبق نظام فنی و اجرایی کشور (مصوبه شماره ۴۲۳۳۹/ت ۳۳۴۹۷ هـ مورخ ۱۳۸۵/۴/۲۰ هیات محترم وزیران) استفاده از ضوابط، معیارها و استانداردها در مراحل پیدایش، مطالعات توجیهی، طراحی پایه و تفصیلی، اجرا، راه‌اندازی، تحویل و شروع بهره‌برداری طرح‌ها و پروژه‌های سرمایه‌گذاری به لحاظ رعایت جنبه‌های توجیه فنی و اقتصادی طرح‌ها، تامین کیفیت طراحی و اجرا (عمر مفید) و کاهش هزینه‌های نگهداری و بهره‌برداری از اهمیت ویژه برخوردار می‌باشد.

معادن سنگ‌های تزئینی و نما بخش عمده‌ای از معادن فعال کشور را به خود اختصاص می‌دهند. با توجه به تنوع و غنای ذخایر سنگ‌های تزئینی و نما و با هدف افزایش بهره‌وری، اشتغال و صادرات، ارایه راهکارهای لازم در زمینه اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما امری لازم و ضروری است.

نشریه حاضر در راستای اهداف برنامه تهیه ضوابط و معیارهای معدن و به منظور هماهنگ‌سازی دستورالعمل‌ها و مقررات فنی موجود در سه بخش اکتشاف، استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما تهیه شده است.

رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما و معیارهای اکتشافی آن‌ها در بخش اکتشاف نشریه آمده است. بخش دوم مشتمل بر ضوابط تهیه طرح استخراج و چرخه عملیات استخراج سنگ‌های تزئینی و نما است. بخش سوم به معرفی روش‌های برش، ساب، صیقل، پرداخت سنگ و همچنین بهبود کیفیت و بسته‌بندی سنگ پرداخته است.

ضمن تشکر از کارشناسان محترم برای بررسی و اظهار نظر در مورد این استاندارد، امید است مجریان و دست‌اندرکاران بخش معدن، با به کارگیری استانداردهای یاد شده، برای پیشرفت و خودکفایی این بخش از فعالیت‌های کشور تلاش نموده و صاحب‌نظران و متخصصان نیز با اظهار نظرهای سازنده در تکامل این استانداردها مشارکت کنند. با همه‌ی تلاش انجام‌شده قطعاً هنوز کاستی‌هایی در متن موجود است که این‌شاء... کاربرد عملی و در سطح وسیع این نشریه توسط مهندسان موجبات شناسایی و برطرف نمودن آن‌ها را فراهم خواهد نمود.

در پایان، از تلاش و جدیت مدیرکل محترم دفتر نظام فنی اجرایی، سرکار خانم مهندس بهناز پورسید، مجری محترم تهیه‌ی ضوابط و معیارهای فنی بخش معدن کشور در دفتر امور نظارت و ایمنی وزارت صنایع و معادن، جناب آقای مهندس وجیه... جعفری و متخصصان همکار در امر تهیه و نهایی نمودن این نشریه، تشکر و قدردانی می‌نماید. امید است شاهد توفیق روزافزون همه‌ی این بزرگواران در خدمت به مردم شریف ایران اسلامی باشیم.

معاون نظارت راهبردی

پاییز ۱۳۸۷



## ترکیب اعضای کارگروه‌های تهیه و نهایی کننده

این مجموعه با همکاری کارگروه‌های تخصصی اکتشاف، استخراج و فرآوری تهیه شده، توسط کارگروه تنظیم و تدوین آماده شده است و کارشناسان دفتر نظام فنی اجرایی آن را کنترل و نهایی نموده‌اند که از همگی تشکر و قدردانی می‌گردد.

### مجری طرح

وجیه‌ا... جعفری  
وزارت صنایع و معادن

### اعضای کارگروه اکتشاف

|                 |   |
|-----------------|---|
| اشراف آذری      | کارشناس ارشد زمین‌شناسی - معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی      |
| علیرضا باباخانی | کارشناس ارشد زمین‌شناسی - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور |
| بهروز برنا      | کارشناس مهندسی معدن - سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور     |
| بهزاد مهربانی   | دکترای زمین‌شناسی اقتصادی - دانشگاه تربیت معلم                    |
| عزیز میرزاییان  | کارشناس مهندسی معدن - وزارت صنایع و معادن                         |

### اعضای کارگروه استخراج

|               |   |
|---------------|---|
| مهدی صفرزاده  | کارشناس ارشد مهندسی معدن                                      |
| مهدی عامری    | کارشناس ارشد مهندسی معدن                                      |
| حسن مدنی      | کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر             |
| هرمز ناصرینیا | کارشناس ارشد مهندسی معدن - معاونت فنی سازمان نظام مهندسی معدن |

### اعضای کارگروه فرآوری

|                  |  |
|------------------|--|
| منوچهر اولیازاده | دکتری کانه آرایه - دانشگاه تهران   |
| عبدالعلی حقیقی   | کارشناس ارشد زمین‌شناسی  |
| بهرام رضایی      | دکترای مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر                                |
| ابوالقاسم عطایی  | دکتری متالورژی - دانشگاه تهران   |
| جمال کسایی اول   | کارشناس ارشد زمین‌شناسی - کارشناس دفتر نظارت و ایمنی - وزارت صنایع و معادن |

### اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

|                 |  |
|-----------------|--|
| مهدی ایران‌نژاد | دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی - دانشگاه صنعتی امیرکبیر |
| عبدالرسول زارعی | کارشناس ارشد زمین‌شناسی - وزارت صنایع و معادن            |
| مصطفی شریف‌زاده | دکترای مهندسی مکانیک سنگ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر        |
| حسن مدنی        | کارشناس ارشد مهندسی معدن - دانشگاه صنعتی امیرکبیر        |
| بهزاد مهربانی   | دکترای زمین‌شناسی اقتصادی - دانشگاه تربیت معلم           |

### کارشناسان معاونت نظارت راهبردی

|                   |  |
|-------------------|--|
| علیرضا دولتشاهی   | کارشناس مهندسی کشاورزی - دفتر نظام فنی اجرایی    |
| فرزانه آقارضانعلی | کارشناس ارشد مهندسی صنایع - دفتر نظام فنی اجرایی |
| شهرزاد روشن‌خواه  | کارشناس ارشد مهندسی عمران - دفتر نظام فنی اجرایی |



## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

بخش اول- اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

فصل اول- رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما

|   |   |
|---|---|
| ۵ | ۱-۱- رده‌بندی بر اساس منشا  |
| ۵ | ۱-۱-۱- سنگ‌های رسوبی  |
| ۶ | ۱-۱-۲- سنگ‌های آذرین  |
| ۶ | ۱-۱-۳- سنگ‌های دگرگونی  |
| ۷ | ۲-۱- رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما بر اساس خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی |
| ۷ | ۱-۲-۱- جرم مخصوص  |
| ۷ | ۲-۲-۱- مقاومت فشاری تک محوری  |
| ۷ | ۲-۲-۳- سختی   |
| ۷ | ۲-۲-۴- مقاومت در مقابل یخ‌زدگی  |
| ۷ | ۲-۲-۵- مقاومت در مقابل اسیدها   |
| ۷ | ۲-۲-۶- مقاومت در مقابل بازها (قلیایی‌ها)                                  |
| ۷ | ۳-۱- رده‌بندی تجاری سنگ‌های تزئینی و نما                                  |
| ۸ | ۱-۳-۱- گرانیت‌ها  |
| ۸ | ۲-۳-۱- مرمرها   |
| ۸ | ۳-۳-۱- آهک‌ها   |

فصل دوم- ضوابط و معیارهای اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

|    |   |
|----|---|
| ۱۱ | ۱-۲- روند کلی اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما |
| ۱۱ | ۱-۱-۲- بررسی‌های دفتری                    |
| ۱۱ | ۲-۱-۲- بررسی‌های صحرائی                   |
| ۱۲ | ۳-۱-۲- بررسی‌های اقتصادی                  |
| ۱۲ | ۲-۲- مراحل اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما    |
| ۱۲ | ۱-۲-۲- شناسایی                            |
| ۱۳ | ۲-۲-۲- مرحله پی‌جویی                      |



۱۳ ۳-۲-۲- اکتشاف عمومی

۱۴ ۴-۲-۲- اکتشاف تفصیلی

### بخش دوم- استخراج سنگ‌های تزئینی و نما

#### فصل سوم- ضوابط تهیه طرح استخراج

۲۱ ۱-۳-۱- آشنایی

۲۱ ۲-۳-۲- نقشه‌های مورد نیاز

۲۲ ۳-۳-۳- طراحی معدن سنگ تزئینی و نما

۲۲ ۱-۳-۳- اصول و ضوابط کلی

۲۲ ۲-۳-۳- روش‌های موجود برای استخراج معادن سنگ تزئینی و نما

۲۲ ۳-۳-۳- ضوابط تهیه طرح پیش باطله‌برداری و آماده‌سازی

۲۳ ۴-۳-۳- ضوابط طراحی پله‌های معادن سنگ تزئینی و نما

۲۳ ۵-۳-۳- شکل و ابعاد بلوک‌های استخراجی

۲۴ ۴-۳-۴- انتخاب روش استخراج و تکمیل طرح

۲۴ ۱-۴-۳- انتخاب تجهیزات

۲۵ ۲-۴-۳- تاسیسات زیربنایی و خدماتی

#### فصل چهارم- چرخه عملیات استخراج سنگ‌های تزئینی و نما

۲۹ ۱-۴-۱- آشنایی

۲۹ ۲-۴-۲- برش اولیه

۲۹ ۱-۲-۴- برش‌های مبتنی بر چال‌زنی

۳۲ ۲-۲-۴- برش با سنگ‌برها

۳۳ ۳-۲-۴- برش با سیم برش

۳۷ ۳-۴-۳- جداکردن و واژگونی بلوک سنگ بریده‌شده

۳۷ ۱-۳-۴- استفاده از بالشک‌های منبسط شونده

۳۸ ۲-۳-۴- استفاده از جک‌های هیدرولیک

۳۸ ۳-۳-۴- استفاده از تجهیزات جابه‌جایی در معدن

۳۸ ۴-۴-۴- قواره‌بندی بلوک‌ها

۳۹ ۱-۴-۴- قواره‌کردن با سیم الماسه متحرک



|    |   |
|----|---|
| ۳۹ | ۲-۴-۴- قواره کردن با سیم الماسه ثابت                      |
| ۳۹ | ۳-۴-۴- قواره کردن با چال زنی                              |
| ۳۹ | ۵-۴- جابه جایی و حمل و نقل                                |
|    | <b>بخش سوم- فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما</b>               |
|    | <b>فصل پنجم- برش سنگ</b>                                  |
| ۴۵ | ۱-۵- آشنایی   |
| ۴۵ | ۱-۱-۵- روش‌های برش  |
| ۴۷ | ۲-۱-۵- ملاحظات فنی و ایمنی برش بلوک‌های سنگی              |
| ۴۸ | ۲-۵- برش طولی و عرضی سنگ                                  |
| ۴۸ | ۳-۵- جهت برش سنگ  |
| ۴۹ | ۱-۳-۵- الگوی پهلو به پهلو                                 |
| ۴۹ | ۲-۳-۵- الگوی انتها به انتها                               |
| ۴۹ | ۳-۳-۵- الگوی جورشدگی انتهایی                              |
| ۵۰ | ۴-۳-۵- الگوی جورشدگی کتابی                                |
| ۵۰ | ۵-۳-۵- الگوی جورشدگی چهارتایی یا الماسی                   |
| ۵۰ | ۶-۳-۵- الگوی مختلط  |
|    | <b>فصل ششم- ساب، صیقل و پرداخت سنگ</b>                    |
| ۵۳ | ۱-۶- مرحله ساب و صیقل اولیه سنگ                           |
| ۵۳ | ۱-۱-۶- ساب نواری پیوسته                                   |
| ۵۳ | ۲-۱-۶- عوامل موثر در کیفیت ساب با دستگاه ساب نواری پیوسته |
| ۵۳ | ۳-۱-۶- لقمه‌های ساب                                       |
| ۵۴ | ۲-۶- مرحله پرداخت نهایی سنگ                               |
| ۵۴ | ۱-۲-۶- لبه‌زنی  |
| ۵۵ | ۲-۲-۶- تیشه‌زنی   |
| ۵۵ | ۳-۲-۶- ماسه‌زنی   |
| ۵۵ | ۴-۲-۶- شیارزنی  |
| ۵۵ | ۵-۲-۶- پرداخت با پودرهای مخصوص                            |
| ۵۶ | ۶-۲-۶- استفاده از رزین و واکس                             |
| ۵۶ | ۳-۶- مرحله شستشو  |



- ۵۶ ۴-۶- کارهای ویژه در پرداخت سنگ
- ۵۶ ۱-۴-۶- کارهای ویژه بر روی قطعات نازک سنگ
- ۵۷ ۲-۴-۶- کارهای ویژه بر روی ورق‌های ضخیم سنگ
- ۵۷ ۳-۴-۶- کارهای ویژه بر روی قطعاتی با سطح استوانه‌ای
- ۵۷ ۴-۴-۶- کارهای ویژه برای ایجاد پروفیل‌های گوناگون سنگی

#### فصل هفتم- بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما

- ۶۱ ۱-۷- عوامل موثر در بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما
- ۶۱ ۲-۷- روش‌های بهبود کیفیت سنگ
- ۶۱ ۱-۲-۷- رنگ‌آمیزی سنگ
- ۶۱ ۲-۲-۷- بتونه کاری
- ۶۱ ۳-۲-۷- تقویت‌کننده‌ها
- ۶۲ ۴-۲-۷- پوشش‌ها

#### فصل هشتم- کنترل کیفیت و بسته‌بندی و انبار

- ۶۵ ۱-۸- کنترل فرآیند فرآوری سنگ
- ۶۵ ۲-۸- بسته بندی و انبار سنگ فرآوری شده



# بخش اول

---

---

## اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما





# فصل ۱

---

---

## رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما





## ۱-۱- رده‌بندی بر اساس منشا

بر اساس منشا سنگ‌های تزئینی و نما به سه گروه سنگ‌های رسوبی، آذرین و دگرگونی تقسیم می‌شوند.

### ۱-۱-۱- سنگ‌های رسوبی

مهم‌ترین انواع سنگ‌های تزئینی و نما با منشا رسوبی سنگ‌های کربناته (آهکی و دلمیتی)، کنگلومرا و ماسه سنگ‌ها هستند.

#### الف- سنگ‌های کربناتی

سنگ‌های کربناته به دلیل سختی مناسب، قابلیت ساب و برش، تنوع رنگ، مقاومت کافی، قابلیت استخراج آسان، جایگاه خاصی را در صنعت سنگ‌های تزئینی و نمای ایران دارند. از این گروه به موارد زیر اشاره می‌شود.

- تراورتن: تراورتن‌ها نهشت چشمه‌های آهک‌ساز قدیمی هستند، که در اغلب موارد به صورت لایه‌های افقی و یا با شیب ملایم تشکیل می‌شوند. تراورتن‌ها به رنگ‌های کرم، سفید، قرمز، گردویی، لیمویی دیده می‌شوند. به دلیل نقش و نگارهایی که ناشی از اختلاف میزان آغشتگی به اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن در لایه‌های مختلف تراورتن است، ظاهر بسیار زیبا و جذابی دارند.

تراورتن‌ها به دلیل مقاومت قابل قبول، برش‌پذیری آسان، شرایط استخراج ساده، نبود ساختارهای تکتونیکی، زیبایی ظاهری، وجود تخلخل برای چسبیدن کامل به ملات و قیمت مناسب، کاربردهای فراوانی دارند.

- مرمر: مرمر انیکس با ترکیب کانی‌شناسی آراگونیت نظیر تراورتن محصول عملکرد چشمه‌های آبگرم قدیمی است. در ایران به این نوع سنگ مرمر می‌گویند که نام تجارتي انواع رنگی آن انیکس است و به رنگ‌های سبز، آبی، لیمویی و زرد دیده می‌شود. - کربنات‌ها (سنگ آهک): سنگ آهک‌های با بافت‌ها و رنگ‌های متنوع در مقطع صیقلی (سنگ نمای تراش و صیقل خورده) در صورتی که از رنگ شفاف و مناسب برخوردار باشند، در صنعت سنگ‌های تزئینی و نما کاربرد گسترده‌ای دارند. چه بسا این زیبایی در کوپ سنگ، اصلا مشخص نباشد و پس از برش، ساب و صیقل زیبایی آن‌ها ظاهر شود.

سنگ آهک‌های مارنی که درصد کمی رس دارند، به سادگی برش خورده و صیقل داده می‌شوند. این سنگ‌ها نسبت به سنگ آهک خالص مقاومت کم‌تری دارند و زودتر فرسوده می‌شوند. از این‌رو در اغلب موارد برای مصرف در پله‌ها و کف راهروها و سرویس‌ها مناسب نیستند. به طور کلی وجود مواد رسی تا سه درصد در سنگ آهک‌ها به عنوان سنگ نما و تزئینی، مجاز است. برش و سایش سنگ آهک‌های سیلیسی<sup>۱</sup> نسبت به سنگ‌های آهکی بدون سیلیس، بسیار مشکل‌تر است. در سنگ‌های آهکی که کانی کوارتز در آن‌ها بیش از سه درصد باشد، اشکالات ناشی از برش و سایش محسوس است.

#### ب- کنگلومراها و ماسه سنگ‌ها

کنگلومراهای ضخیم لایه در صورتی که اجزا تشکیل‌دهنده آن‌ها کاملا به هم سیمان شده باشند به عنوان سنگ‌های تزئینی و نما مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورتی که اجزا تشکیل‌دهنده کنگلومرا آهکی و تباین مناسبی بین رنگ قطعات و سیمان وجود

<sup>۱</sup> - Siliceous Limestone



داشته باشد، سنگ مرغوب‌تر خواهد بود. تفاوت در سختی اجزا تشکیل‌دهنده و سیمان (مثلا اگر برخی اجزا سیلیسی و بعضی آهکی باشند، یا عناصر سازنده سیلیسی و سیمان آهکی باشد) در حین برش باعث بروز اشکالاتی می‌شود. ماسه سنگ‌های ضخیم لایه را می‌توان به عنوان سنگ ساختمانی باشند، به ویژه به صورت مالون به کار برد. ماسه سنگ‌های سیلیسی و ماسه سنگ‌های سست، فاقد شرایط لازم به عنوان سنگ‌های تزئینی و نما هستند.

### ۱-۱-۲- سنگ‌های آذرین

سنگ‌های آذرین، به ویژه سنگ‌های آذرین درونی به دلیل مقاومت بالا، زیبایی، تنوع در بافت و رنگ، و جلاپذیری در صنعت سنگ‌های تزئینی و نما جایگاه خاصی دارند.

#### الف- گرانیت‌ها

گرانیت‌ها یک خانواده بسیار مهم سنگ‌های تزئینی و نما با منشا آذرین هستند. گرانیت‌هایی که فاقد آثار دگرسانی‌اند و پدیده‌های تکتونیکی و به ویژه میکروتکتونیک را تحمل نکرده باشند و از نظر رنگ مطلوب بازار باشند، مورد استفاده گسترده قرار می‌گیرند. رنگ گرانیت‌ها تابع نوع و رنگ فلدسپات‌ها است.

- گرانیت‌های روشن، قرمز و صورتی (گرانیت‌های آلکالن)، به دلیل رنگ صورتی یا قرمز خود بسیار مورد توجه هستند و در بازار جایگاه ویژه‌ای دارند.

- مرغوبیت گرانیت‌های خاکستری (گرانیت‌های کالکوالکالن) تابع درجه تیرگی و روشنی و اندازه بلورهای تشکیل‌دهنده آن‌ها است.

#### ب- سایر سنگ‌های آذرین

سینیت‌ها، دیوریت‌ها، گابروها و سنگ‌های خروجی هم ارز آن‌ها یعنی تراکیت‌ها، آندزیت‌ها و بازالت‌ها و همچنین سنگ‌های دیگری مثل نفلین سینیت‌ها، پریدوتیت‌ها، پیروکسنیت‌ها، آمفیبولیت‌ها و سایر سنگ‌های آذرین از این دست، به دلیل عدم وجود یا محتوی کم کوارتز در آن‌ها، در صورتی که کاملا تازه و دگرسان نشده باشند و ضمنا در مراحل ساب و صیقل، رنگ‌های زیبایی بروز دهند، به عنوان سنگ تزئینی و نما مورد توجه هستند.

### ۱-۱-۳- سنگ‌های دگرگونی

در بین سنگ‌های دگرگونی، مرمرها و گنیس‌ها به عنوان سنگ تزئینی و نما مطرح هستند.

#### الف- مرمر (ماربل)

مرمرها سنگ‌های کربناته دگرگونی به رنگ‌های سفید، خاکستری و رنگی هستند که به دلیل درخشندگی و شفافیت، زیبایی خاصی دارند و در صنعت سنگ‌های تزئینی جایگاه ویژه‌ای یافته‌اند.

دربازار تجاری مرمر درشت بلور، سفید رنگ را اصطلاحا کریستال می‌گویند و مرمر دارای بلور سفید رنگ هم اندازه و یکنواخت را اصطلاحا سنگ‌چینی می‌نامند.



**ب- گنیس‌ها**

گنیس‌ها مانند گرانیت‌ها، در صورتی که دارای رنگ‌های ایده‌آل، بلورهای درشت و فاقد آثار دگرسانی باشند، به دلیل ظاهر و بافت زیبا سنگ‌های تزئینی و نمای جالبی را تشکیل می‌دهند.

**۱-۲-۱- رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما بر اساس خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی****۱-۲-۱-۱- جرم مخصوص**

بر این اساس سنگ‌ها را به دو گروه با جرم مخصوص بیش از  $1800 \text{ kg/m}^3$  و کم‌تر از آن تقسیم می‌کنند.

**۱-۲-۱-۲- مقاومت فشاری تک‌محوری**

بر این اساس سنگ‌ها را به دو گروه با مقاومت فشاری تک‌محوری بیش از  $100 \text{ Mpa}$  و کم‌تر از آن تقسیم می‌کنند.

**۱-۲-۱-۳- سختی**

بر اساس رفتار سنگ‌ها در مراحل برش، ساب و صیقل به دو گروه سخت و نرم تقسیم‌بندی می‌کنند.

**۱-۲-۱-۴- مقاومت در مقابل یخ‌زدگی**

بر این اساس سنگ‌ها به ۱۰ درجه تقسیم‌بندی می‌شوند.

درجه‌های  $500 \text{ Mp}$ ،  $300$ ،  $200$ ،  $150$ ،  $100$ ،  $50$ ،  $35$ ،  $25$ ،  $15$ ،  $10$ ، که رعایت این درجه‌بندی، با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق مختلف، امری مهم و ضروری است.

**۱-۲-۱-۵- مقاومت در مقابل اسیدها**

بر این اساس سنگ‌ها را به دو گروه مقاوم و غیرمقاوم در برابر اسیدها تقسیم می‌کنند. گرانیت، دیوریت، ماسه سنگ‌های سیلیسی و نظایر آن‌ها در گروه سنگ‌های مقاوم قرار می‌گیرند.

**۱-۲-۱-۶- مقاومت در مقابل بازها (قلیایی‌ها)**

بر این اساس سنگ‌ها به دو گروه مقاوم و غیرمقاوم در مقابل قلیایی‌ها تقسیم می‌کنند. سنگ‌های کربناتی در گروه سنگ‌های مقاوم قرار می‌گیرند.

**۱-۳- رده‌بندی تجاری سنگ‌های تزئینی و نما**

رده‌بندی تجاری واحدی در مورد سنگ‌های تزئینی و نما وجود ندارد. اما به طور کلی سنگ‌های تزئینی و نما زیر مجموعه‌ای از

پنج گروه زیر هستند:

- گرانیت؛



- مرمر؛

- آهک؛

- سنگ‌های سیلیسی؛

- اسلیت.

در ایران سنگ‌های اسلیتی و سیلیسی به ندرت به عنوان سنگ تزئینی و نما مورد استفاده قرار می‌گیرند اما سه گروه دیگر مورد استفاده وسیعی دارند.

### ۱-۳-۱- گرانیت‌ها

در رده‌بندی تجاری، گرانیت‌ها شامل سنگ‌های فلدسپاتی بلورین با بافت متراکم و بلورهایی که با چشم غیر مسلح قابل تشخیص هستند اطلاق می‌شود. این گروه شامل آنورتوزیت‌ها، گنیس، گرانیت، گرانودیوریت، مونزونیت، سینیت و سایر سنگ‌های حد واسط بین آن‌ها و سنگ‌های دگرگونی درشت بلور متراکم است.

### ۱-۳-۲- مرمرها

در رده‌بندی تجاری مرمرها شامل سنگ‌های آهکی و سرپانتینیته دگرگون شده است که دارای قابلیت برش، ساب و صیقل هستند. یکی از زیر مجموعه‌های اصلی این گروه مرمر سرپانتینی است که بخش اعظم آن از سرپانتین سبز تا سیاه تشکیل شده است.

### ۱-۳-۳- آهک‌ها

در رده‌بندی تجاری آهک‌ها شامل سنگ‌های با منشأ رسوبی است که بخش اعظم آن از کربنات کلسیم همراه یا بدون کربنات منیزیم تشکیل شده باشد. این گروه شامل سنگ آهک (کلسیتی)، دولومیت، آهک دولومیتی و تراورتن است.



# فصل ۲

---

---

**ضوابط و معیارهای اکتشاف**

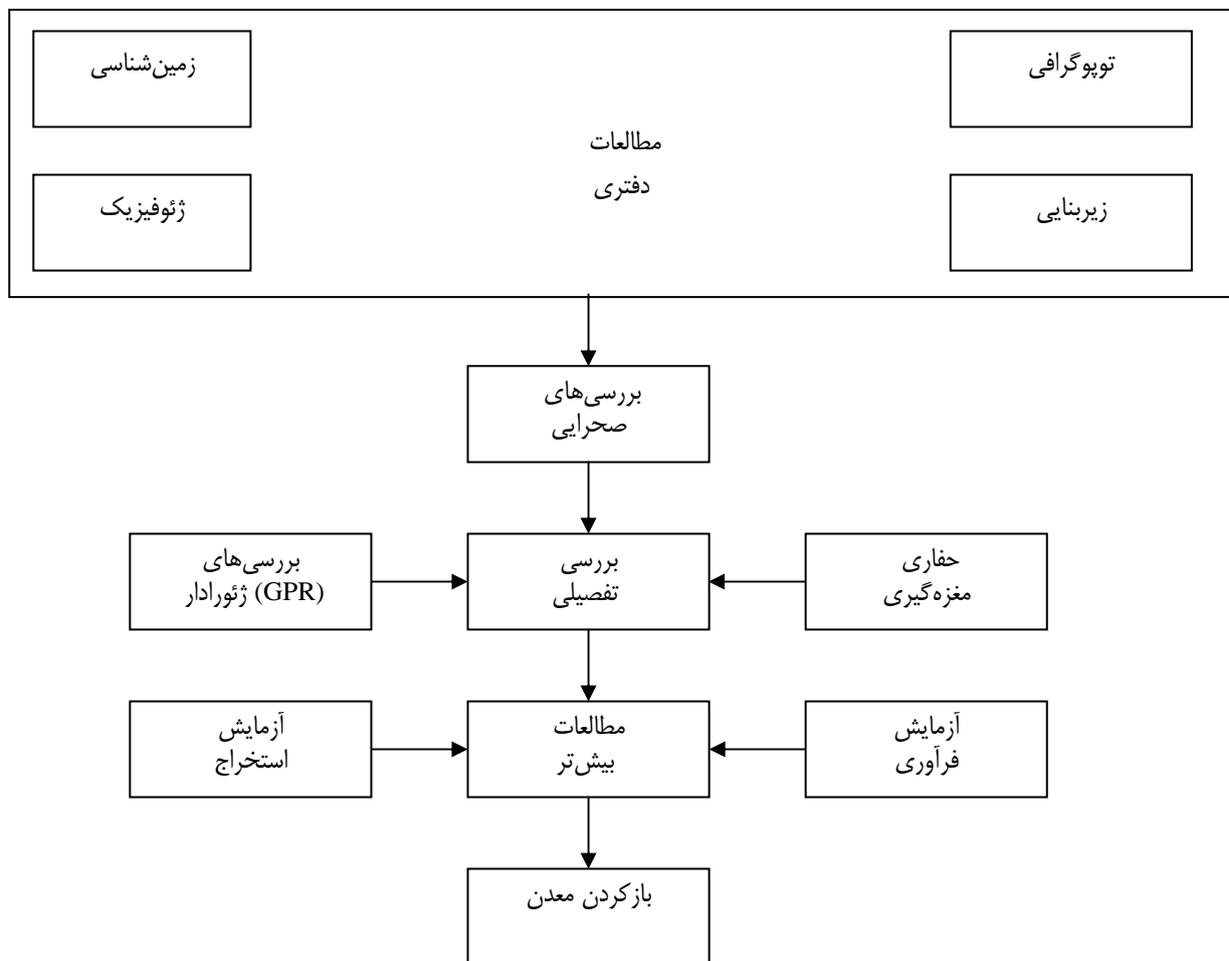
**سنگ‌های تزئینی و نما**





## ۲-۱- روند کلی اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

نحوه اکتشاف سنگ تزئینی و نما به شرح زیر است:



### ۲-۱-۱- بررسی‌های دفتری

در این مرحله تمام اطلاعات زمین‌شناسی، سنگ‌شناسی، ژئوفیزیکی و زیربنایی موجود در منطقه مورد نظر به همراه نقشه‌های مربوط جمع‌آوری می‌شود. با تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده نمای کلی از ویژگی‌های سنگ‌شناسی، ساختاری، رخدادهای دگرگونی و سن سازندها به دست می‌آید. علاوه بر بررسی‌های زمین‌شناسی مواردی همچون محدودیت‌های زیست‌محیطی و عوامل زیربنایی منطقه نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

### ۲-۱-۲- بررسی‌های صحرائی

پس از انجام بررسی‌های دفتری، مناطق مستعدی که در تجزیه و تحلیل داده‌های موجود مکان‌یابی شده‌اند طی مراحل زیر مورد بررسی‌های صحرائی قرار می‌گیرند.

- نقشه‌برداری در سطح کلی و برای رخنمون‌های طبیعی انجام می‌گیرد.



- الف- در مکان‌های شناسایی شده بازدیدهای مقدماتی برای بررسی وضعیت سنگ‌شناختی، ساختاری و مشخصات ظاهری انجام می‌گیرد.
- ب- با مشاهده ساختمانی سنگی محلی و مصاحبه با مردم بومی، می‌توان اطلاعات ارزشمندی در مورد استخراج سنگ در گذشته و توان منطقه به دست آورد.
- ج- کروکی با مقیاس مناسب از رخنمون‌های واحدهای سنگی مناسب تهیه شود.
- د- استحکام و سلامت کلی سنگ در بخش‌هایی که دارای کم‌ترین شکستگی است، از طریق مشاهده ویژگی‌های ساختاری ارزیابی می‌شود.
- ه- چند نمونه کوچک از بلوک‌ها یا نمونه‌های دستی برای مطالعات کانی‌شناسی، ارزیابی زیبایی و قابلیت برش، ساب و صیقل آن‌ها انتخاب می‌شوند.
- و- ذخیره بالقوه محدوده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و محدودیت‌های زیربنایی و زیست‌محیطی نیز کنترل می‌شود.
- ز- نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی بزرگ مقیاس تهیه شود. در تهیه نقشه به تغییرات جزئی در نوع سنگ‌ها، وضعیت لایه‌بندی، ساختاری، لایه‌های نفوذی، رنگ، بافت و کانی‌شناسی نیز باید توجه شود.
- ح- بررسی الگو و تراکم شکستگی‌ها و مطالعات درزه‌نگاری انجام شود.
- ط- بررسی‌های ژئورادار به منظور ارزیابی شکستگی‌های زیرسطحی کم‌عمق در صورت امکان انجام شود.
- ی- به منظور دستیابی به نمونه‌های سنگ در اعماق و بررسی آن‌ها مغزه‌گیری انجام شود.
- ک- به منظور بررسی قابلیت کوپ‌دهی و امکان فرآوری در مقیاس صنعتی با احداث جبهه کار آزمایشی قله‌هایی از سنگ استخراج و به سنگ‌بری ارسال شود.

## ۲-۱-۳- بررسی‌های اقتصادی

- الف- در بررسی‌های اقتصادی مطلوبیت نمونه‌های فرآوری شده در بازار باید مورد ارزیابی قرار گیرد.
- ب- بررسی‌های فنی و اقتصادی متناسب با مقیاس عملیات اکتشافی انجام گیرد.

## ۲-۲- مراحل اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما در چهار مرحله شناسایی، پی‌جویی، اکتشاف عمومی و اکتشاف تفصیلی به شرح زیر انجام می‌شود.

### ۲-۲-۱- شناسایی

در این مرحله اقدامات زیر انجام می‌گیرد:

الف- جمع‌آوری اطلاعات؛

- جمع‌آوری کلیه نقشه‌های پایه شامل نقشه‌های زمین‌شناسی، توپوگرافی و عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای؛
- جمع‌آوری گزارش‌ها و کارهای اکتشافی قبلی و بررسی آن‌ها.



- ب- مشخص کردن محدوده‌های پارک‌های ملی، مناطق حفاظت شده، مناطق باستانی، نظامی و انتظامی، مناطق مسکونی؛
- ج- بررسی نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰۰ با هدف مشخص کردن سازندهای دارای واحدهای سنگی مناسب سنگ‌های تزئینی و نما؛
- د- بازدید و کنترل صحرایی واحدهای سنگی مستعد و برداشت نمونه‌های غیرهوازده برای مطالعات سنگ‌شناسی؛
- ه- برداشت تعداد محدودی نمونه و انجام مطالعات میکروسکوپی و تجزیه شیمیایی؛
- و- جمع‌بندی و تدوین گزارش مرحله شناسایی؛
- ز- ارایه برنامه مرحله پی‌جویی برای مناطق مورد بررسی.

### ۲-۲-۲- مرحله پی‌جویی

اقدامات مرحله پی‌جویی به شرح زیر است:

- الف- بررسی کارهای انجام شده قبلی (مرحله شناسایی)؛
- ب- بررسی‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰؛
- ج- واحدهای سنگی که از نظر مشخصات کلی برای سنگ تزئینی و نما مناسب باشند باید در مقاطع و نقاط مختلف مورد بازدید قرار گیرند و بخش‌های دارای مقاومت مکانیکی مناسب بدون مواد روبره‌ای، با شیب توپوگرافی و موقعیت مکانی و معدنی مناسب، به منظور بررسی بیش‌تر انتخاب شوند. این بخش‌ها از نظر وضعیت سنگ‌شناسی، میکروتکتونیکی، وجود درز و شکاف‌ها برداشت می‌شوند، افزاز، دسترسی، شرایط استخراج و امکانات احداث سینه کارهای استخراجی مورد ارزیابی قرار گیرند.
- د- یک یا چند نمونه برداشت و مورد مطالعه میکروسکوپی و تجزیه شیمیایی قرار گیرد.
- ه- برای تهیه پلاک‌های آزمایشی باید یک یا چند قطعه سنگ نسبتاً بزرگ قابل حمل برداشت و به سنگ‌بری ارسال شود. قطعات سنگ برای بررسی ظاهر سنگ در مقاطع مختلف، قابلیت برش، ساب و صیقل مورد بررسی قرار گیرند.
- و- پلاک‌های تهیه شده از نظر کیفیت و زیبایی مورد ارزیابی قرار گرفته و بازاریابی شوند.
- ز- تخمین ذخیره در رده (۳۳۴) براساس نشریه شماره ۳۷۹ با عنوان "دستورالعمل رده‌بندی ذخایر معدنی"؛
- ح- انجام مطالعات اجتماعی؛
- ط- انجام مطالعات زیست‌محیطی مقدماتی؛
- ی- جمع‌بندی و تدوین گزارش مرحله پی‌جویی؛
- ک- تعیین مناطق مستعد و الویت‌بندی آن‌ها برای مرحله اکتشاف عمومی؛
- ل- ارایه برنامه عملیات مرحله اکتشاف عمومی.

### ۲-۲-۳- اکتشاف عمومی

اقدامات مرحله اکتشاف عمومی به شرح زیر است:

- الف- بررسی‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تا ۱:۵۰۰۰؛
- ب- مطالعات صحرایی، ژئوتکنیکی و زمین‌شناسی ساختاری؛



- ج- حفر چاهک و ترانشه؛
- د- نمونه برداری به منظور تعیین خواص فیزیکی (تخلخل، چگالی، جذب آب، مقاومت یخ زدگی)، مکانیکی (مقاومت فشاری تک محوری، کشش و سایش)، شیمیایی (تجزیه شیمیایی کامل) سنگ شناسی (بافت، ساخت و کانی شناسی)؛
- ه- حفاری و مغزه گیری (در صورت نیاز)؛
- و- بررسی سطح آب زیرزمینی؛
- ز- در صورتی که طی مطالعات بخشی از محدوده مناسب تشخیص داده شد، می بایست چندکوپ به صورت آزمایشی استخراج و برای تهیه پلاک‌های استاندارد و بررسی سطح صیقلی سنگ از نظر زیبایی و مقاومت به سنگ بری ارسال شود.
- ح- انجام مطالعات بازاریابی؛
- ط- انجام مطالعات اجتماعی؛
- ی- انجام مطالعات زیست محیطی؛
- ک- تخمین ذخیره در رده (۳۲۲) یا (۳۳۲) بر اساس دستورالعمل رده بندی ذخایر معدنی؛
- ل- انجام مطالعات پیش امکان سنجی؛
- م- جمع بندی و تدوین گزارش؛
- ن- تعیین بخش ها و بلوک های مستعد برای انجام مطالعات اکتشاف تفصیلی؛
- س- ارایه برنامه عملیات مرحله اکتشاف تفصیلی.

## ۲-۲-۴- اکتشاف تفصیلی

اقدامات مرحله اکتشاف تفصیلی به شرح زیر است:

- الف- بررسی مطالعات پیشین (مراحل شناسایی، پی جویی و اکتشاف عمومی)؛
- ب- تهیه نقشه توپوگرافی و زمین شناسی بزرگ مقیاس از محدوده گسترش بلوک معدنی مورد نظر به مقیاس ۱:۱۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰ با منحنی میزان های مناسب بنا به تشخیص کارشناس، که در آن مشخصات زیر برداشت و نمایش داده شده باشد.
- بررسی مرز واحد سنگی مورد نظر با واحدهای سنگی مجاور؛
- شیب و امتداد لایه ها در نقاط مختلف؛
- گسل ها، شیب و میزان جابجایی آن ها؛
- امتداد و موقعیت محور چین ها و مشخصات هندسی آن ها؛
- شکستگی ها و درز و شکاف های اصلی؛
- تهیه مقاطع زمین شناسی معدنی، در جهات عرضی و طولی، به منظور نمایش موقعیت زمین شناسی بلوک معدنی در بعد سوم؛

ج- باز کردن جبهه کار آزمایشی؛

- د- تهیه یک یا چند کوپ از جبهه کار آزمایشی احداث شده، از بخش های مورد نظر و تهیه پلاک های استاندارد ارزیابی؛
- ه- حفاری مغزه گیری به تعداد یک یا چند حلقه چاه؛



- و- نمونه‌برداری به منظور تعیین خواص فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی؛
- ز- تست‌های تکنولوژیکی شامل:
- آزمون سایش؛
  - آزمون صیقل خوردن؛
  - وزن مخصوص؛
  - تعیین مقاومت در مقابل اسیدها و بازها؛
  - تعیین مقاومت در مقابل سولفات سدیم یا منیزیم (پنج سیکل بر روی نمونه سنگی)؛
  - تعیین مقاومت سنگ در مقابل سرما و گرما (ده سیکل)؛
  - تعیین مقاومت فشاری؛
  - تعیین مقاومت کششی؛
  - تعیین مقاومت در برابر ضربه؛
  - مطالعات پرتوزایی برای سنگ‌های آذرین و دگرگونی؛
- ح- اندازه‌گیری ژئوتکنیکی؛
- ط- بررسی‌های زیست‌محیطی؛
- ک- انجام مطالعات بازاریابی صنعتی؛
- ل- تخمین ذخیره معدنی در رده‌های متفاوت؛
- م- مطالعات امکان‌سنجی؛
- ن- ارایه گزارش نهایی.





# بخش دوم

---

---

## استخراج سنگ‌های تزئینی و نما





# فصل ۳

---

---

## ضوابط تهیه طرح استخراج





## ۳-۱- آشنایی

طرح کامل بهره‌برداری معدن پس از مرحله اکتشاف تفصیلی و تعیین ذخیره به شرح زیر تهیه می‌شود:

- بررسی نتایج گزارش‌های مربوط به مطالعات اکتشافی سنگ‌های تزئینی و نما؛
- اقدامات مقدماتی (تجزیه و تحلیل کانسار و محدوده آن)؛
- تهیه و جمع‌آوری اسناد و مدارک و نقشه‌ها (تهیه بایگانی نقشه‌ها)؛
- تهیه طرح‌های مختلف؛
- سازماندهی عملیات؛
- خلاصه مشخصات تجهیزات و مواد و مصالح به کار رفته؛
- گزارش تشریحی طرح.

در رابطه با مراتب فوق، ذکر دو نکته ضروری است:

اولاً: رعایت ترتیب مراحل فوق در تهیه طرح معدن کاملاً الزامی است و به عبارتی هر یک از مراحل فوق بعد از مرحله قبلی خود قابل تهیه و اجراست.

ثانیاً: هر یک از مراحل مذکور خود به مراحل بسیار جزئی‌تر تقسیم می‌گردد که ممکن است اصولاً در مورد یک معدن خاص ذکر تمامی جزئیات لزومی نداشته باشد.

طرح بهره‌برداری ممکن است در برگیرنده مطالعات امکان‌پذیری و طراحی مفهومی باشد که به تصمیم‌گیری در مورد آماده‌سازی معدن می‌انجامد یا ممکن است در معدن دایر تدوین شود. در حالت اول، طرح مبتنی بر داده‌هایی است که در جریان مطالعه قبلی گردآوری و پردازش شده‌اند. در حالت دوم، این اطلاعات بخش جدایی‌ناپذیر خود طرح خواهند بود. در هر حال برای شرح توالی کارها طرح بهره‌برداری باید هم شامل متن توصیفی و هم نقشه‌هایی در مقیاس مناسب باشد تا بتوان به سرعت وضعیت بهره‌برداری و پیشرفت پروژه را تشخیص داد.

چون معادن سنگ‌های تزئینی و نما در ابعاد مختلف و با شکل‌های متفاوت در طبیعت یافت می‌شوند و هر یک در شرایط توپوگرافی مختلف قرار دارند، یک طرح معین جهت ایجاد کارگاه استخراج وجود ندارد و باید هر معدنی را جداگانه طراحی کرد. یادآوری می‌گردد مواردی که در ادامه ذکر می‌شود شامل اصول، دستورالعمل‌ها و ضوابط کلی است که در تهیه طرح‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند. این موارد شامل مسایل مربوط به تجزیه و تحلیل کانسار، محدوده آن و اصول و پارامترهای مهم در طراحی معدن و انتخاب روش استخراج می‌باشد.

## ۳-۲- نقشه‌های مورد نیاز

نقشه‌های مورد نیاز به شرح زیر است:

- نقشه زمین‌شناسی معدنی با مقیاس: ۱:۵۰۰ تا ۱:۲۰۰ و مقاطع آن‌ها؛
- نقشه توپوگرافی با مقیاس: ۱:۵۰۰ تا ۱:۲۰۰؛
- نقشه زمین‌ریخت‌شناسی با مقیاس: ۱:۲۰۰۰.



### ۳-۳-۳ طراحی معدن سنگ تزئینی و نما

#### ۳-۳-۳-۱ اصول و ضوابط کلی

سنگ‌های تزئینی و نما به صورت معادن روباز استخراج می‌شوند و مهم‌ترین معیار در استخراج آن‌ها شکل و ابعاد محصول است به نحوی که عملیات فرآوری به صورت اقتصادی بر روی آن امکان‌پذیر می‌باشد. در حالت ایده‌آل محصول استخراجی به صورت مکعب مستطیل و ابعاد آن متناسب با ابعاد دستگاه‌های برش در کارخانجات سنگ‌بری است. هدف از استخراج سنگ تزئینی و نما، به دست آوردن کوپ‌های سالم متشکل از سنگ‌های همگن و بدون ترک و حتی‌المقدور با شکل منظم و ابعاد مورد نظر می‌باشد.

#### ۳-۳-۳-۲ روش‌های موجود برای استخراج معادن سنگ تزئینی و نما

- استخراج این سنگ‌ها با یک یا ترکیبی از روش‌های زیر انجام می‌شود:
- الف- روش‌های مبتنی بر چال‌زنی نظیر چال‌های موازی، پارس و گوه و مواد منبسط‌شونده؛
  - ب- استفاده از ماشین‌های برش مانند سیم برش و انواع سنگ‌برها.

#### ۳-۳-۳-۳ ضوابط تهیه طرح پیش‌باطله‌برداری و آماده‌سازی

طرح پیش‌باطله‌برداری و آماده‌سازی شامل دو مرحله ایجاد یک سطح مسطح فوقانی و سپس احداث پله‌های استخراج است که مراحل تهیه طرح به ترتیب زیر است:

الف- احداث جاده دسترسی:

کانسار مورد استخراج ابتدا باید "باز" شود یعنی راه ورودی به معدن احداث و پله‌های استخراجی ایجاد شود. شیب جاده دسترسی به توپوگرافی سطح زمین بستگی دارد و ممکن است سربالا، افقی و یا سرازیر، به صورت مستقیم و یا با پیچ و خم باشد. عرض جاده دسترسی عموماً باید بیش از دو برابر عرض لازم برای عبور ماشین‌آلات معدنی باشد.

در مواردی که کانسار در زیر پوششی از خاک و سنگ باطله قرار دارد، باید یک پله یا تراس ویژه باطله‌برداری در نظر گرفته شود.

- عملیات استخراج همیشه از بالا به پایین و به تناسب پیشرفت استخراج، از یک یا چند جبهه کار انجام شود.

- برای افزایش راندمان تولید، جبهه کار باید دارای حداقل دو سطح آزاد باشد و به شکل پلکانی احداث شود. اگر طول جبهه

کار کافی باشد می‌توان پله‌ها را از دو سمت و به شرح زیر احداث کرد:

- برش بلوک‌های هر پله منجر به ایجاد یک سطح صاف می‌شود که سطح فوقانی پله بعدی را تشکیل می‌دهد. در مورد

بالاترین پله، این سطح پس از پیش‌باطله‌برداری و با عملیات آماده‌سازی، ایجاد می‌شود. مشخصات این سطح عبارت است از:

- تا حد امکان در بالاترین ارتفاع ممکن قرار گیرد.

- با توجه به روش آماده‌سازی، امکان دسترسی به این سطح برای استقرار دستگاه‌های مختلف ممکن باشد.

- وسعت آن به گونه‌ای باشد که در صورت نیاز امکان استقرار چند ماشین استخراجی وجود داشته باشد.

- در صورت استفاده از دستگاه‌های سیم برش حداکثر ارتفاع پله ۱۰ متر است.

ب- احداث پله‌های استخراج:

استخراج معادن سنگ تزئینی و نما عموماً چند پله‌ای و در مواردی تک پله‌ای است. هر یک از پله‌ها باید دارای جاده دسترسی باشد.

### ۳-۳-۴- ضوابط طراحی پله‌های معادن سنگ تزئینی و نما

الف- شکل پله‌های استخراج

- سطح دیواره جبهه کار باید به حالت قائم باشد.

- سطح بالایی و زیرین باید حتی‌المقدور مسطح باشند.

ب- عرض پله‌های استخراج

عرض پله باید به حدی باشد که ماشین‌آلات و ابزار برش را در آن مستقر کرد و معمولاً بین ۱۰ تا ۶۰ متر است.

ج- ارتفاع پله‌های استخراج

- ارتفاع پله‌های استخراجی تابع روش، ماشین‌آلات استخراج و خواص سنگ است که باید کم‌تر از ۱۰ متر باشد.

از نکات قابل توجه در تعیین ارتفاع، پیش‌بینی صدمات احتمالی ناشی از سقوط بلوک به کارگاه در زمان جداکردن از جبهه سینه کار و واژگونی آن است.

د- پله‌های ایمنی

در بین هر دو پله متوالی باید یک حریم و سکو به عنوان پله ایمنی احداث شود. عرض و شیب این سکو به نوع سنگ و لایه‌ها، ضخامت لایه، میزان درزه‌ها و ترک‌ها و ارتفاع پله اصلی بستگی دارد و حداقل عرض آن ۱ متر است.

در معادن سنگ‌های نرم معمولاً مشخصات پله‌ها به شرح زیر است:

- ارتفاع پله استخراج ۵ تا ۶ متر؛

- عرض پله استخراج ۱۵ تا ۲۰ متر؛

- طول پله استخراج ۵۰ تا ۱۰۰ متر.

### ۳-۳-۵- شکل و ابعاد بلوک‌های استخراجی

بلوک استخراجی در حالت ایده‌آل باید به شکل مکعب یا مکعب مستطیل باشد.

هرچقدر ابعاد بلوک بزرگ‌تر و درزه و شکاف آن کم‌تر باشد، راندمان تولید بیش‌تر است و بلوک ارزش بالاتری دارد ولی عواملی

به شرح زیر موجب محدودیت ابعاد بلوک استخراجی می‌شوند:

الف- وجود صفحات ضعف یعنی لایه‌بندی و درزه‌ها و شکاف‌های اصلی؛

ب- نوع دستگاه برش؛

ج- قدرت دستگاه‌های جداسازی و واژگونی بلوک از جبهه کار.



### ۳-۴- انتخاب روش استخراج و تکمیل طرح

روش بهینه استخراج با توجه به ویژگی‌های زمین شناختی، زیرساخت‌های اقتصادی منطقه، میزان ذخیره، قوانین و مقررات کشوری، مرغوبیت و یا نادر بودن سنگ و در کنار آن توجیه‌پذیری اقتصادی و نوع مصرف، انتخاب می‌شود.

#### ۳-۴-۱- انتخاب تجهیزات

در انتخاب تجهیزات لازم باید نکات زیر مورد توجه قرار گیرد:

- نوع سنگ و مشخصات کانسار؛
  - سرمایه‌گذاری اولیه؛
  - انعطاف‌پذیری در امکان به کارگیری تجهیزات؛
  - سهولت در جابه‌جایی تجهیزات؛
  - میزان نیاز به نیروی ماهر؛
  - میزان مصرف انرژی؛
  - هزینه‌های عملیاتی؛
  - امکان تهیه تجهیزات، ماشین‌آلات، ابزار و قطعات مصرفی آن‌ها.
- برای انتخاب روش برش و تجهیزات لازم می‌توان از جدول ۳-۱ استفاده کرد.

جدول ۳-۱- مقایسه کیفی روش‌های استخراج

| حفر چال‌های همپوش موازی | جت شعله | جت آب | چال‌زنی         |                    |                  |                   | سنگ‌بر نواری | سنگ‌بر بازودار زنجیری (هاواژ) | سیم‌برش الماسه | روش پارامتر                |
|-------------------------|---------|-------|-----------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------|-------------------------------|----------------|----------------------------|
|                         |         |       | پارس و گوه دستی | پارس و گوه دستگاهی | ملات منبسط‌شونده | آتشباری کنترل شده |              |                               |                |                            |
| ✓✓✓✓✓                   | ✓✓      | ✓✓✓✓✓ | ✓✓              | ✓✓✓                | ✓✓               | ✓✓✓               | ✓✓✓✓         | ✓✓✓✓                          | ✓✓✓            | سرمایه‌گذاری اولیه         |
| ✓✓✓                     | ✓✓✓✓✓   | ✓✓✓✓  | ✓✓✓✓✓           | ✓✓✓✓               | ✓✓✓✓✓            | ✓✓✓✓              | ✓✓✓✓         | ✓✓✓✓                          | ✓✓✓✓           | انعطاف‌پذیری               |
| ✓✓✓✓✓                   | ✓       | ✓✓✓✓✓ | ✓✓✓✓            | ✓✓✓✓               | ✓✓✓✓✓            | ✓✓                | ✓✓✓✓✓        | ✓✓✓✓✓                         | ✓✓✓✓✓          | سازگاری زیست‌محیطی         |
| ✓✓✓✓                    | ✓✓✓✓✓   | ✓✓✓   | ✓✓✓✓            | ✓✓✓✓               | ✓✓✓✓             | ✓✓✓✓              | ✓            | ✓                             | ✓              | ناهمواری سطح برش           |
| ✓✓✓✓                    | ✓✓✓✓✓   | ✓✓✓   | ✓✓✓✓✓           | ✓✓✓✓               | ✓✓✓✓✓            | ✓✓✓✓✓             | ✓✓✓          | ✓✓✓                           | ✓✓✓✓           | سهولت در جابه‌جایی بلوک‌ها |
| ✓✓✓✓                    | ✓✓      | ✓✓✓✓  | ---             | ✓✓                 | ✓✓               | ✓✓✓✓              | ✓✓✓✓         | ✓✓✓✓                          | ✓✓✓✓           | نیاز به نیروی ماهر         |
| ✓                       | ✓✓✓✓✓   | ✓     | ✓✓              | ✓✓                 | ✓                | ✓✓✓✓✓             | ---          | ---                           | ---            | صدمه وارده به سنگ          |
|                         |         |       |                 |                    |                  |                   | کم ✓✓        | خیلی زیاد ✓✓✓✓✓               |                |                            |
|                         |         |       |                 |                    |                  |                   | خیلی کم ✓    | زیاد ✓✓✓✓✓                    |                |                            |
|                         |         |       |                 |                    |                  |                   | هیچ --       | نسبتاً زیاد ✓✓✓✓              |                |                            |
|                         |         |       |                 |                    |                  |                   |              | متوسط ✓✓✓                     |                |                            |

### ۳-۴-۲- تاسیسات زیربنایی و خدماتی

در دوره اجرای طرح، باید وضعیت تاسیسات زیربنایی، خدماتی و توسعه‌ای در نظر گرفته شود. موقعیت این تاسیسات باید در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰ تا ۱:۲۰۰ پیاده شود.

مهم‌ترین این موارد عبارتند از:

- سازه‌ها و ساختمان‌ها: دفتر معدن، کارگاه، کانتینر، سرویس‌های بهداشتی و نظایر آن‌ها؛
- زیرساخت‌های راه، خطوط انتقال انرژی، منابع و مخازن آب و نظایر آن‌ها؛
- تاسیسات خدماتی: انبارها، تعمیرگاه، دپوی بلوک‌های استخراجی و نظایر آن‌ها.





# فصل ۴

---

---

چرخه عملیات استخراج

سنگ‌های تزئینی و نما





#### ۴-۱- آشنایی

فرآیند استخراج سنگ‌های تزئینی و نما عبارتند از:

- برش قطعات بزرگ سنگ به شکل بلوک سنگی از زمین یا ایجاد برش‌های اولیه<sup>۱</sup>؛
- جداکردن و واژگونی بلوک سنگ بریده شده<sup>۲</sup>؛
- تقسیم بلوک‌ها به قطعات کوچک و قابل حمل یا قواره کردن بلوک سنگ<sup>۳</sup>؛
- جابجایی و حمل و نقل.

#### ۴-۲- برش اولیه

روش برش اولیه را می‌توان از همان ابتدا به گونه‌ای انتخاب کرد که محصولی به ابعاد قواره و قابل حمل تولید شود. در برش بلوک اولیه یک سری برش‌های قائم و افقی ایجاد می‌شود. برای ایجاد برش اولیه روش‌های متفاوتی به شرح زیر وجود دارند:

##### الف- برش‌های مبتنی بر چال زنی

- برش با چال زنی و استفاده از پارس و گوه به شیوه دستی؛
- برش با چال زنی و استفاده از پارس و گوه به شیوه دستگاهی؛
- برش با چال زنی و استفاده از ملات منبسط‌شونده؛
- برش با حفر چال‌های همپوش موازی.

##### ب- برش با سنگ برها

- برش با سنگ برهای بازودار زنجیری (یا هاواژ)؛
- برش با سنگ برهای بازودار نواری؛
- برش با سنگ برهای دارای صفحه برش.

##### ج- برش با سیم

- سیم برش فولادی؛
- سیم برش الماسه.

#### ۴-۲-۱- برش‌های مبتنی بر چال زنی

در این روش یا با حفر چال‌های همپوش موازی یک برش اولیه ایجاد می‌شود و یا از ابزارها و روش‌های مکمل برای چال زنی در تکمیل برش اولیه استفاده می‌کنند. تعداد چال‌ها برای یک سطح معین حد بهینه‌ای دارد که در آن حد با کم‌ترین هزینه بهترین نتیجه



حاصل می‌شود. هر چه چال‌ها به هم نزدیک‌تر باشند اجرای بهتر و مطمئن‌تر برش بلوک تضمین می‌شود، اما از نظر اقتصادی تعداد زیاد چال پر هزینه‌تر است. هر چه بلوک از نظر طول و عرض بزرگ‌تر باشد تعداد چال کم‌تری به ازای هر مترمکعب سنگ مورد نیاز است. بنابراین بزرگ‌تر کردن بلوک از نظر طول و عرض اقتصادی‌تر است، که عامل محدودکننده آن ایمنی و نوع ماشین‌آلاتی است که برای جابه‌جایی بلوک‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

ابزارها و روش‌های مکمل چال‌زنی در ایجاد برش عبارتند از:

- انواع پارس و گوه؛
- ملات‌های منبسط شونده.

### الف- برش با چال‌زنی و استفاده از پارس و گوه

در این روش با حفر چال‌هایی به فواصل معین در راستای ضلعی از صفحه برش و اعمال فشار توسط پارس و گوه بر دیواره این چال‌ها، برش اولیه ایجاد می‌شود. تیغه‌های واردکننده فشار به دیواره چال پارس و واسط اعمال فشار بر پارس، گوه نام دارد. انرژی لازم برای ایجاد فشار مذکور به دو شیوه دستی یا دستگاهی اعمال می‌شود.

برای ایجاد برش به شیوه سنتی یا دستگاهی نکات زیر باید مورد توجه قرار گیرد:

- باید چال‌ها را با عمق کم‌تری نسبت به ارتفاع بلوک حفر کرد که این عمق برای سنگ‌های مختلف متفاوت است. معمولاً عمق چال را در گرانیته‌ها به اندازه چهارپنجم، در سنگ‌های آهکی یک سوم تا دو سوم و در مرمرها دوسوم ارتفاع بلوک در نظر می‌گیرند.

- عمق چال حفر شده، باید بیش‌تر از طول پارس و گوه باشد.

- قطر چال باید به اندازه‌ای باشد که پارس و گوه به راحتی در آن فرو روند و در ضمن مانع از توزیع یکنواخت نیروی شکاف‌دهنده در دیواره چال نشود.

- فاصله چال‌ها معمولاً بین ۵ تا ۳۰ سانتی‌متر است.

- در صورت استفاده از دستگاه‌های هیدرولیکی تعداد چال کم‌تری مورد نیاز است.

**اول- شیوه دستی:** پس از حفر چال‌ها در هر یک از آن‌ها دو تیغه فلزی یا پارس و یک گوه قرار می‌دهند. در این حالت ابتدا گوه به کمک یک چکش سبک جاگذاری می‌شود. سپس با یک چکش به وزن تقریبی ۱۰ کیلوگرم عمل ضربه‌زنی به صورت یک در میان روی گوه تا شکافتن سنگ ادامه می‌یابد. در جدول ۴-۱ مثال‌هایی از اندازه گوه‌های مختلف ذکر شده که موارد مصرف آن‌ها به عمق چال بستگی دارد.

**دوم- شیوه ضربه‌زنی دستگاهی<sup>۱</sup> بر پارس و گوه:** اصول و مبانی کار در این شیوه، مشابه شیوه دستی است با این تفاوت که ضربات از طریق دستگاه‌های مکانیکی یا هیدرولیکی بر گوه‌ها وارد می‌شود.

1- Rock splitter



جدول ۴-۱- مشخصات چال در شیوه دستی با پارس و گوه

| مشخصات چال         | فواصل بین چال‌ها (mm) | طول گوه (mm) | قطر چال (mm) |
|--------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| چال‌های کوتاه      | ۱۵۰ تا ۱۰۰            | ۱۳۰          | ۲۲           |
| چال‌های متوسط      | ۱۵۰ تا ۱۰۰            | ۲۵۰          | ۲۹           |
| چال‌های عمیق       | ۱۵۰ تا ۱۰۰            | ۴۵۰          | ۲۹           |
| چال‌های متوسط      | ۳۰۰ تا ۱۵۰            | ۳۵۰          | ۳۴           |
| چال‌های متوسط-عمیق | ۳۰۰ تا ۱۵۰            | ۶۰۰          | ۳۴           |
| چال‌های عمیق       | ۳۰۰ تا ۱۵۰            | ۷۰۰          | ۳۴           |

نکته قابل توجه این است که راندمان این شیوه با افزایش ارتفاع پله‌ها به شدت کاهش می‌یابد. بنابراین این شیوه در استخراج معادن گرانیت دارای پله‌های کوتاه متداول است.

#### ب- برش با چال‌زنی و آتشباری کنترل شده

مبنای این روش حفر یک سری چال در سطوح جدایش مورد نظر و استفاده از تکنیک‌های آتشباری کنترل شده است.

- آتشباری کنترل شده باید در دو چال دارای قطرهای مساوی و به فاصله مناسب به‌نحوی انجام گیرد که بین دو چال فقط شکافی به وجود آید.

- استفاده از این روش فقط در معادن سنگ‌های سخت و با اخذ مجوز لازم امکان‌پذیر است.

پارامترهای موثر در استفاده صحیح روش آتشباری کنترل شده عبارتند از:

- انتخاب صحیح نوع خرج؛

- دقت در حفاری چال‌ها؛

- دقت در نحوه خرج‌گذاری و انفجار؛

- استفاده از چال‌های خالی راهنما.

برای اطلاعات جامع‌تر در مورد این روش به نشریه شماره ۴۱۰، با عنوان "مقررات فنی مواد منفجره و آتشباری در معادن" مراجعه شود.

#### ج- برش با چال‌زنی و استفاده از ملات منبسط‌شونده

ملات‌های انبساطی ترکیبات پودری هستند که بعد از اضافه شدن آب به آن‌ها افزایش حجم پیدا کرده و در نتیجه بر دیواره‌های چال‌ها فشار زیادی اعمال می‌کنند.

مزایا:

- عدم آلودگی صوتی؛

- عدم تولید دود، گرد و غبار، گاز و مواد پس مانده مضر؛

- عدم ایجاد لرزش و آسیب به توده سنگ؛

- سهولت نگهداری.



#### د- برش با حفر چال‌های همپوش موازی

در این روش که به روش حفاری خطی نیز معروف است ردیفی از چال‌های نزدیک و یا چسبیده به هم حفر می‌کنند، به نحوی که باعث ایجاد صفحات آزاد در محدوده بلوک سنگی مورد نظر شود.

در این روش توجه به نکات زیر حایز اهمیت است:

- چال‌زنی باید با نهایت دقت انجام گیرد به گونه‌ای که چال‌ها موازی و در یک صفحه واقع شوند.
- به منظور جلوگیری از انحراف چال‌ها، استفاده از این روش در معادن دارای پله‌های کوتاه توصیه می‌شود.
- این روش برای استخراج سنگ‌های سخت گزینه مناسب و متداولی است، چون به دلیل مقاومت زیاد این سنگ‌ها استفاده از سایر گزینه‌ها نظیر سیم‌برش الماسه، نفوذپذیری کم و استهلاک بالایی دارد.

معایب این روش عبارتند از:

- هزینه‌های زیاد حفاری؛
- صرف زمان زیاد به منظور حفر چال‌ها؛
- ضرورت دقت بالا در حفر چال در امتداد یک خط راست برای ایجاد سطوح آزاد و برش مناسب.

#### ۴-۲-۲- برش با سنگ‌برها

این ماشین‌ها صفحات مشخصی از سنگ را به‌طور مستقیم می‌برند و باعث جدایش بلوک از کوه می‌شوند. این ماشین‌ها اغلب در استخراج سنگ‌های نرمی مثل مرمر و تراورتن و سایر سنگ‌های آهکی به کار می‌روند.

انواع سنگ‌برهای موجود بر اساس مکانیزم برشی که دارند عبارتند از:

- سنگ‌برهای بازودار زنجیری یا هاواژ؛
- سنگ‌برهای دارای صفحه برش.

#### الف- سنگ‌برهای بازودار زنجیری یا هاواژ

این دستگاه دارای بازویی است که روی آن زنجیری به سرعت حرکت می‌کند در نتیجه گردش زنجیر و حرکت بازو، شکاری به ضخامت تقریبی ۲۸ میلی‌متر تا چند سانتی‌متر در سنگ ایجاد می‌شود. این دستگاه قابلیت ایجاد شیارهای افقی و قائم را دارد.

برای خنک نمودن زنجیر لازم است که پیوسته جریان آب در شیار برش ایجاد شده برقرار باشد. آب مورد نیاز ۶ تا ۸ لیتر در دقیقه است.

به دلیل وابستگی به طول بازوی زنجیردار در این دستگاه عمق برش محدود است.

مزایای استفاده از این روش عبارتند از:

- صدمه کم‌تر به سنگ؛
- عدم ایجاد گرد و غبار؛
- سرعت برش بیشتر نسبت به سیستم برش الماسه؛
- ایمنی عملیات در مقایسه با سایر روش‌ها؛
- کاربرد موثر در آماده‌سازی معدن؛



- کاربری مناسب برای برش سطح پشتی بلوک‌ها.

#### ب- سنگ‌برهای دارای صفحه برش

این دستگاه صفحه‌ای دارد که با موتور برقی یا دیزلی کار می‌کند و با یک‌بار حرکت بر روی سنگ به سرعت عمل برش سنگ را انجام می‌دهد و برای برش سنگ‌های نرم و آهکی استفاده می‌شود. این صفحات بر دو نوع‌اند:

- صفحه دیسکی؛

- صفحه فرز.

از جمله معایب این دستگاه‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- سرمایه‌گذاری اولیه بالا؛

- هزینه‌های بالای تعمیر، نگهداری و استهلاک؛

- محدودیت جابجایی؛

- محدودیت عمق برش.

- مزایای این سنگ‌برها عبارتند از:

- سهولت در به کارگیری؛

- سرعت برش بیش‌تر نسبت به روش سیم برش الماسه؛

- بالابودن ایمنی عملیات.

#### ۴-۲-۳- برش با سیم برش

در این روش ابتدا در امتداد اضلاع مکعب مستطیلی که بلوک موردنظر را تشکیل می‌دهد چال‌های قائم و افقی با قطر ۷۵ تا ۲۰۰ میلی‌متر متناسب با سطحی که قرار است بریده شود حفر می‌کنند. پس از عبور دادن سیم از داخل چال‌های حفرشده دو سر آن‌را در دستگاه برش به یکدیگر متصل می‌کنند و حرکت پیوسته سیم برش سبب برش سنگ می‌شود.

انواع سیم برش عبارتند از:

- سیم برش فولادی؛

- سیم برش الماسه.

مهم‌ترین مزیت استفاده از دستگاه‌های سیم برش، کیفیت بالای برش و صدمات کم‌تر به سنگ و در نتیجه ضایعات کم‌تر است.

#### الف- سیم برش فولادی

مبنای این روش استفاده از مواد ساینده‌ای به همراه سیم برش است که نسبت به سنگ، سختی بالاتری دارند. در اثر حرکت پیوسته یک سیم فولادی تحت کشش و به کمک ماده ساینده‌ای نظیر پودر سیلیس به‌همراه آب، موجب برش سنگ می‌شود.

سرعت برش سنگ در این روش به نوع سنگ بستگی دارد و در مقایسه با سیم برش الماسه مقدار پایینی است.

مزایای استفاده از این سیستم عبارتند از:

- قابلیت کاربرد برای سطوح وسیع؛

- قابلیت تولید بلوک‌هایی با اندازه و شکل مناسب.



معایب استفاده از این روش عبارتند از:

- راندمان پایین؛
- استهلاک زیاد سیم و مواد ساینده؛
- سرعت کم برش؛
- دست و پا گیر بودن سیم‌ها در منطقه عملیات؛
- زمان زیاد لازم برای تجهیز و آماده‌سازی؛
- نیاز به نیروی انسانی ماهر؛
- عدم امکان ایجاد برش از پایین به بالا؛

#### ب- سیم برش الماسه

مبنای این روش استفاده از سیم برش‌های دارای سگمنت‌های الماسه است که در اثر حرکت پیوسته باعث برش سنگ می‌شود. برای این منظور ابتدا در سنگ دو چال عمود بر هم یکی قائم و دیگری افقی که محدوده بلوک را تشکیل می‌دهند حفر می‌شود و سیم الماس‌دار را از آن عبور می‌دهند. دستگاه برش در موقع کار بر روی ریل قرار دارد و با استفاده از امکانات الکترونیکی و هیدرولیکی به طور خودکار بر روی ریل جابه‌جا می‌شود و با انجام عمل برش خود را به عقب می‌کشد. در این سیستم دو قرقره راهنما بر ریل‌ها نصب شده که طول سیم در حال تماس با چرخ محرک را تنظیم می‌کند و نوسان سیم را کاهش می‌دهد. نیروی کشش سیم که حدود ۱۰۰ الی ۱۵۰ کیلوگرم است به صورت ثابت حفظ می‌شود. مکانیزم دستگاه به گونه‌ای است که می‌توان با جابه‌جایی و تغییر جهت محور وینچ از حالت افقی به قائم سنگ را به طور افقی و یا قائم برید.

در محل برش، از آب برای خنک کردن سیم برش و شستن ذرات سنگ استفاده می‌شود.

مزایای استفاده از سیم برش الماسه:

- کیفیت برش بالا متناسب با نوع سختی سنگ‌ها؛
- ضایعات بسیار کم؛
- سرعت برش خوب؛
- امکان برش در ابعاد نسبتا بالا؛
- امکان شروع سریع برش؛
- نیاز به کنترل و نظارت کم؛
- هزینه سرمایه‌گذاری اولیه متوسط.

سیم برش الماسه از یک کابل فولادی تشکیل شده است که در آن سگمنت‌ها یا حلقه‌های کوچک الماس‌نشان به فواصل منظم ۲۵ تا ۳۲ میلی‌متر قرار گرفته‌اند و در فواصل بین سگمنت‌ها فنرهای فولادی و اتصالات ایمنی قرار دارند. عمل برش را در واقع سگمنت‌ها انجام می‌دهند. قطر سگمنت‌ها ۱۰ تا ۱۱ میلی‌متر و قطر سیم ۵ میلی‌متر است. از سگمنت‌ها و سیم‌های با قطر کم‌تر معمولا در مراحل پایانی برش‌های دشوار، خصوصا برای گرانیات استفاده می‌شود. سیم الماسه دارای طول ۲۵ الی ۴۵ متر است. (حداکثر طول سیم برش به ۱۵۰ متر می‌رسد).



**برش سنگ‌های نرم با سیم برش:** برای استخراج سنگ‌های نرم از سیم‌هایی استفاده می‌شود که سگمنت‌های آن‌ها به روش الکترولیزی الماسه شده است. اگر از سگمنت‌های الماس اندود استفاده شود عمر سیم برش افزایش می‌یابد. تعداد سگمنت‌ها در سیم برای برش سنگ‌های نرم بین ۲۸ تا ۳۲ عدد در هر متر سیم است. در استخراج سنگ‌های نرم، عمر کابل به اندازه عمر سگمنت‌ها نیست و تقریباً هر ۷ تا ۱۰ متر مربع بر متر سیم باید کابل را بازسازی کرد. معمولاً سیم‌های الماسه‌ای که برای برش سنگ‌های نرم به کار می‌روند از نوع فنردار هستند.

**برش سنگ‌های سخت و گرانیتی با سیم برش:** معمولاً سیم‌هایی که برای برش سنگ‌های گرانیتی به کار می‌روند، سگمنت‌های الماس اندود دارند و برای برش گرانیت‌ها در هر متر سیم ۳۳ تا ۴۰ سگمنت قرار می‌گیرد. سرعت برش معمولاً در حدود ۲ تا ۵ متر مربع بر ساعت و عمر کابل سیم ۳ تا ۷ مترمربع بر مترسیم است. مخلوط آب خنک‌کننده و تراشه‌های گرانیتی به فنرها و فاصله سگمنت‌ها و سیم نفوذ می‌کند و به دلیل ساینده‌گی بیشتر گرانیت نسبت به مرمر کابل فولادی رفته‌رفته خورده شده و عمر آن کوتاه می‌شود.

نکات زیر در استفاده از روش سیم برش توصیه می‌شود:

- یکی از مهم‌ترین موانع در راه عملکرد مناسب سیم، خوردگی سگمنت‌ها است. در سیم‌های فنردار، نظیر آن‌هایی که در برش سنگ‌های نرم به کار می‌روند، سگمنت‌ها هنگام برش به دور کابل می‌چرخند و بنابراین سراسر محیطشان به طور یکنواخت خورده می‌شود. اما در سیم‌هایی که فاصله‌شان با پلاستیک پر شده است نظیر آن‌هایی که در برش سنگ‌های گرانیتی به کار می‌روند، چرخش سگمنت‌ها به دور کابل امکان ندارد. این امر منجر به خوردگی غیر یکنواخت سگمنت‌ها و عدم کارایی سیم می‌شود. برای غلبه بر این مشکل، سیم را به ازای هر متر از طول آن یک یا دو بار دور محورش می‌پیچانند. به عبارتی قبل از وصل کردن این سیم‌ها به دستگاه باید آن را به ازای هر متر در جهت مخالف رزوه سر سیم یک یا دو بار تاباند. این تابیدگی‌ها باعث می‌شوند که سگمنت‌ها در جریان برش، حول محور خود به تریبی بچرخند که پیرامون آن‌ها به‌طور یکنواخت ساییده شود.

- از وصل کردن سیم برش‌های متفاوت و همچنین استفاده از دانه‌های سگمنت متفاوت از نظر اندازه و وزن خودداری شود. زیرا باعث ایجاد لرزش و پارگی سیم می‌شود.

- در صورتی که قطعات کوچک سیم‌هایی با طول، ضخامت، اندازه و با پوشش یکسان در دسترس است می‌توان برای رسیدن به طول موردنظر آن‌ها را به یکدیگر متصل کرد. در این مورد باید قبل از اتصال سیم از نبود پیچ و تاب یا گره‌خوردگی در آن‌ها اطمینان حاصل شود و بعد با کمک بست مخصوص و دستگاه پرس، دو سر سیم محکم به یکدیگر متصل شود. چنین اتصالی برای یک یا دو شیفت کاری (۱۲ تا ۲۴ ساعت) دوام خواهد داشت. پس از آن باید مجدداً محل اتصال را قطع کرد و سپس با قطع کمی سیم از هر دو طرف، مجدداً آن را پرس کرد.

- در به کارگیری سیم‌های کار کرده، باید اطمینان حاصل کرد که سیم تا مرحله آخر برش استقامت کافی را دارد.

- تا جایی که ممکن است از بریدن و کوتاه کردن سیم‌ها خودداری شود.

- پس از هر ۲۰۰ تا ۳۰۰ مترمربع برش در سیم‌های الماسه‌ای که فاصله سگمنت‌هایشان با فنر پر شده است باید قطعاتی مانند فنرها و اتصالات فاصله کابل فولادی را تعویض کرد.



- از آنجا که سیم از پایین به بالا وارد خط برش می‌شود، برای تعیین جهت برش در سیم‌های نو می‌توان از طریق فلش‌هایی که بر روی پوشش پلاستیکی سیم الماسه قرارداد اقدام کرد. در صورت استفاده از سیم کار کرده، از طریق لمس الماس‌ها و تعیین جهت سایش آن‌ها، جهت برش مشخص می‌شود.
- در مراحل پایانی به علت کاهش سطح تماس، سرعت خوردگی سیم افزایش می‌یابد. مراحل پایانی برش را معمولاً با سیم باریک‌تری انجام می‌دهند. توصیه می‌شود در انتهای برش که حدود ۲ متر به پایان کار مانده است، حتماً سیمی که فرسایش بیش‌تری دارد جایگزین شود و حداقل فاصله دستگاه تا دیواره برش بیش از ۴ متر باشد.
- افزایش سرعت خطی سیم دلیل بر بالا رفتن سرعت برش نیست و برای برش هر سنگ، باید سرعت خطی بهینه‌ای انتخاب شود. از آنجا که در برش‌های کوچک‌تر سطح تماس بین سنگ و سیم کوچک‌تر است و در نتیجه فشار بیش‌تری بر سگمنت‌ها وارد می‌شود و سرعت خوردگی آن‌ها نیز افزایش می‌یابد، بهتر است مراحل اولیه برش نسبت به سایر مراحل با سرعت کم‌تری انجام شود تا هم از خوردگی شدید سگمنت‌ها جلوگیری شود و هم از طریق آزمون و خطا، سرعت واقعی به دست آید.
- توصیه می‌شود همواره برش افقی پیش از برش عمودی انجام گیرد.
- قبل از انجام عملیات برش، زمین اطراف محل کار باید با دقت تسطیح و کلیه گوشه‌های تیز و ناصاف که با سیم برش در تماس خواهند بود حذف شوند. همچنین اطراف مسیر گردش سیم باید کاملاً از سنگ‌ریزه و سایر مواد معدنی پاک شود. در غیر این صورت سیم حین کار درون سنگ گیر می‌کند.
- اولین ریل دستگاه برش باید با سینه کار حداقل ۴ متر فاصله داشته باشد. این فاصله بین ۴ تا ۸ متر متغیر است.
- قبل از شروع به برش باید مطمئن شد که در پای پله فضای کافی برای حرکت ماشین برش وجود داشته باشد.
- عملیات برش را در ابتدا باید با سرعت کم‌تری آغاز کرد تا مانع از پاره شدن سیم شود.
- اگر سیم دچار ناپایداری بسیار شدید شد، باید پیشروی متوقف شود. در این صورت باید موارد زیر رعایت شوند:
  - ۱- حرکت رو به عقب ماشین متوقف شود.
  - ۲- اجازه داده شود سیم به مدت یک دقیقه بچرخد؛ در این صورت از تنش سیم کاسته می‌شود.
  - ۳- قرقره‌ها متوقف شوند.
- توصیه می‌شود تا حد امکان از متراژ سیم بیش‌تری استفاده شود. این کار باعث افزایش عمر سیم و کاهش هزینه‌ها می‌شود. در اثر استفاده از سیم‌های کوتاه، فشاری که بر سگمنت وارد می‌آید زیاد شده و باعث می‌شود که سگمنت‌ها رها شده و شکستگی‌هایی روی سیم به وجود آید.
- مقدار آب مصرفی باید با دقت زیاد تنظیم شود، اگر میزان آب بیش‌تر از حد لازم باشد باعث لغزش سیم و افت برش می‌شود و اگر آب از حد لازم کم‌تر باشد سوختن سیم را در پی دارد. مصرف بهینه آب هنگامی است که ضمن شنیده شدن صدای برش همراه با آب پودر سنگ خارج شده و دودی از سیم مشاهده نشود.
- در صورت عبور سیم از قسمت‌های دارای رس، حتماً باید آب‌دهی سیستم خنک‌کننده را افزایش داد. خاک رس موجب جلوگیری از گردش عادی سیم به دور محور خود شده و باعث تغییر شکل دانه‌های الماس می‌شود.



### ۴-۳- جداکردن و واژگونی بلوک سنگ بریده شده

پس از این که بلوک توسط یکی از روش‌های برش از سینه کار آزاد شد، باید از محل جدا شود. برای جدایش کامل بلوک از جبهه کار، باید بتوان آن را بر روی کف معدن برگرداند تا هم جدایش کامل صورت گیرد و هم با در معرض دید قرار گرفتن وجوه بلوک سنگ، کیفیت و بهترین شیوه قواره کردن آن تعیین شود. به هنگام واژگون کردن بلوک‌های بزرگ، در پای پله بستری از مواد باطله می‌ریزند تا مانع از وارد شدن ضربه و شوک ناشی از سقوط به بلوک سنگی شود. روش‌های جداکردن و واژگونی بلوک بریده شده سنگ از جبهه کار به شرح زیرند:

- استفاده از بالشتک‌های منبسط‌شونده؛
- استفاده از جک‌های هیدرولیک؛
- استفاده از تجهیزات جابه‌جایی در معدن.

### ۴-۳-۱- استفاده از بالشتک‌های منبسط‌شونده

بالشتک‌های منبسط‌شونده کیسه‌هایی به شکل مربع یا مستطیل‌اند که با تزریق آب یا هوای فشرده به داخل آن‌ها، افزایش حجم می‌یابند و باعث جدایش و واژگونی سنگ می‌شوند. این بالشتک‌ها را می‌توان به صورت سری و یا موازی مورد استفاده قرار داد. این بالشتک‌ها در دو نوع فلزی- هیدرولیکی و لاستیکی- هوای فشرده ساخته می‌شوند.

#### الف- بالشتک‌های فلزی- هیدرولیکی

این بالشتک‌ها فلزی هستند و به صورت هیدرولیک از طریق تزریق آب تحت فشار کار می‌کنند. این بالشتک‌ها دو صفحه نازک فولادی با مقاومت بسیار بالا دارند و ضخامت آن‌ها قبل از استفاده ۲ تا ۳ میلی‌متر است.

پمپ هیدرولیکی آب تحت فشار را با فشار ۳۰ تا ۴۰ اتمسفر را در بالشتک تزریق می‌کند و باعث اتساع آن بین ۲۵ تا ۳۰ سانتی‌متر می‌شود. نیروی وارده به دیواره شکاف به چند صد تن می‌رسد. هر دستگاه می‌تواند به طور هم‌زمان ۲ تا ۳ بالشتک را تغذیه کند. این کیسه‌ها را در برش قائم، موازی با جبهه کار قرار می‌دهند. وزن کیسه‌ها بسته به اندازه آن‌ها ۷ تا ۱۵ کیلوگرم و حداکثر ابعاد آن‌ها ۱۵۰×۱۵۰ سانتی‌متر مربع است. استفاده از این نوع بالشتک‌ها باعث تغییر شکل آن‌ها می‌شود و معمولاً یکبار مصرف‌اند.

البته در مواردی می‌توان ظرف چند دقیقه عرض این بالشتک‌ها در راس را به حداقل ذکر شده رسانده و سپس آب بالشتک‌ها را تخلیه کرد و آن‌ها را از شکاف خارج ساخت. سپس عملیات جدایش را با جک هیدرولیکی ادامه داد. به این ترتیب می‌توان بالشتک‌های هیدرولیکی را به دفعات مورد استفاده قرار داد.

#### ب- بالشتک‌های لاستیکی- هوای فشرده

این بالشتک‌ها کیسه‌های مستطیلی شکلی از جنس پلی‌استر (PVC) یا لاستیک هستند که با نوارهای فلزی یا شبکه فولادی تقویت شده‌اند و از طریق لوله‌هایی به کمپرسور هوا متصل می‌شوند. معمولاً هر دستگاه کمپرسور به طور هم‌زمان می‌تواند تا ۴ بالشتک را پر کند. فشار انبساط در این روش بین ۳ تا ۴ اتمسفر و میزان جدایش ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است. این بالشتک‌ها تا ۳ متر طول و ۶ تا ۸ میلی‌متر ضخامت دارند. برخلاف کیسه‌های فلزی، کیسه‌های PVC را می‌توان بارها مورد استفاده قرار داد. در بکارگیری بالشتک‌های منبسط شده رعایت موارد زیر توصیه می‌شود:



- باید دقت شود که فشار باد از ۳۰ تا ۴۰ اتمسفر در نوع هیدرولیکی و از ۳ تا ۸ اتمسفر در نوع بادی بسته به توصیه کارخانه سازنده تجاوز نکند و همچنین نباید حداکثر ضخامت بالشتک در راس آن از حدود مجاز ذکر شده بیش تر شود.
- به همراه بالشتک‌ها جدولی عرضه می‌شود که در آن برای جابه‌جایی بلوک‌هایی سنگی با ابعاد مشخص، تعداد و نوع بالشتک‌های مورد نیاز ذکر شده است.

#### ۴-۳-۲- استفاده از جک‌های هیدرولیک

این دستگاه شامل پمپ و یک جک هیدرولیک است که در این جک‌ها بوسیله یک پمپ هیدرولیکی به پیستون نیرو وارد می‌شود. جک‌های هیدرولیک ابعاد کوچک و وزن کمی دارند. این جک‌ها، با موتورهای برقی، دیزلی و یا هوای فشرده کار می‌کنند. از جک‌ها می‌توان به طور سری یا موازی استفاده کرد. به هنگام استفاده از روش‌هایی نظیر سیم برش الماسه، ضخامت بریدگی آن قدر وسیع نیست که بتوان جک را در آن قرار داد. به همین دلیل یا باید این جک‌ها را به عنوان مکمل به همراه بالشتک‌ها به کار برد و یا باید با ایجاد شکافی در بالاترین قسمت پله محل معینی برای نصب جک تعبیه کرد. اگر ارتفاع پله زیاد باشد، کورس پیستون برای واژگون کردن پله کافی نخواهد بود. در این حالت باید کار در چند مرحله متوالی انجام شود. در هر مرحله بالشتک‌هایی بین پله و جبهه کار قرار می‌دهند تا در مرحله بعدی به عنوان تکیه‌گاه پیستون عمل کنند.

#### ۴-۳-۳- استفاده از تجهیزات جابه‌جایی در معدن

در معادنی که دسترسی به پله‌ها آسان باشد، واژگونی بلوک را می‌توان به طور کارآمدی به وسیله ماشین‌های جابه‌جاکننده در معدن نظیر بیل مکانیکی، لودر، بولدوزر و جرثقیل انجام داد. در واقع پس از ایجاد فاصله توسط بالشتک‌ها می‌توان از این ابزار در جدایش نهایی و واژگونی بلوک استفاده کرد. در این حالت فقط به منظور آماده کردن شرایط کار با این ماشین‌آلات، نیاز به ایجاد فضای کمی به وسیله بالشتک‌ها است. در نتیجه از تعداد بالشتک‌های کم‌تری استفاده می‌شود. حالت‌های مختلفی از به‌کارگیری منفرد یا ترکیبی این ماشین‌آلات وجود دارد که در زیر به آن اشاره می‌شود:

- قراردادن جام لودر یا بیل مکانیکی در فضای ایجاد شده به وسیله بالشتک‌های منبسط‌شونده و اعمال فشار روبه‌جلو به وسیله این دستگاه‌ها از ناحیه راس بلوک، لودر یا بیل مورد استفاده باید از نوع چرخ لاستیکی باشد.
- استفاده از لودر به منظور کشیدن کابلی که دور بلوک انداخته شده است. در این حالت لودر بر روی پله پایینی مستقر می‌شود.
- می‌توان لودر را با تیغه‌های سخت مجهز کرد و از روی پله پایینی بلوک را کشید یا از روی خود پله بلوک را هل داد.
- با استفاده از بازوی بلند یک بیل مکانیکی که بر روی پله پایینی مستقر شده می‌توان از قسمت فوقانی بلوک، آن را به سمت بیل کشید و واژگون کرد.

#### ۴-۴- قواره‌بندی بلوک‌ها

برش بلوک سنگ در اندازه‌های تجاری (این اندازه‌ها  $۱/۵ \times ۱/۵ \times ۱$ ،  $۱/۲ \times ۱/۵ \times ۳$  و  $۲ \times ۱/۵ \times ۲$  هستند) که برش ثانویه نیز نامیده می‌شود عملیاتی است که به وسیله آن بلوک‌های استخراج شده از توده اصلی را می‌توان به ابعاد کوچک‌تری به نام قواره تبدیل کرد.



با توجه به ویژگی‌های سنگ، عیوب آن و همچنین روش‌هایی که برای قواره کردن مورد استفاده قرار می‌گیرد، این کاهش اندازه می‌تواند منجر به ایجاد بلوک‌های بسیار منظم و کم عیب یا حتی بی‌عیب شود.

قواره کردن این سنگ‌ها در محل معدن باعث می‌شود که فقط سنگ‌های مفید و قابل فرآوری به کارخانه حمل شوند و در نتیجه از صرف هزینه‌های حمل و نقل اضافی سنگ‌ها جلوگیری به عمل آید. در صورت قواره کردن بلوک، می‌توان از ماشین‌آلات با قدرت کم‌تر به منظور جابجایی استفاده کرد و هزینه‌های حمل و نقل نهایی را کاهش داد. برش بلوک‌ها تا ابعاد تجاری و قواره کردن آن‌ها، به مشابه اصول و روش‌های برش اولیه انجام می‌شود.

#### ۴-۴-۱- قواره کردن با سیم الماسه متحرک

در این روش از همان سیم الماسه‌ای که در استخراج به کار می‌رود، استفاده می‌شود البته نیازی به چال‌زنی اولیه نیست. برای انجام برش، سیم را به دور بلوک سنگی که از همه طرف آزاد است می‌اندازند و آن را به طور منظم می‌برند. همچنین در صورتی که برش اولیه با ابعاد قواره اما با شکل نامنظم انجام شده باشد، می‌توان با برش کناره‌ها آن را به شکل منظم درآورد. قواره کردن بلوک سنگ مستلزم کار کردن سیم الماسه در شعاع انحنای کوچک‌تری است و فشار بیش‌تری بر روی سیم اعمال می‌شود. بنابراین توصیه می‌شود در این مرحله از سیم‌های کار کرده استفاده شود.

#### ۴-۴-۲- قواره کردن با سیم الماسه ثابت

در برخی معادن از ایستگاه ثابت برای قواره کردن با سیم‌های الماسه استفاده می‌کنند. این ماشین‌ها که اکثراً در حیطه کاری کارخانه‌های فرآوری قرار دارند معمولاً در حاشیه معادن گرانیت که دارای بلوک‌های نامنظم بیش‌تری است قرار داده می‌شوند تا قبل از حمل سنگ‌ها به کارخانه، بتوان به بلوک‌ها شکل‌های هندسی منظم‌تری داد.

#### ۴-۴-۳- قواره کردن با چال‌زنی

در صورتی که بلوک‌ها با روش‌های مبتنی بر چال‌زنی جدا شده باشند، می‌توان از همان روش برای قواره کردن آن‌ها استفاده کرد. در این روش باید چال‌ها کاملاً مستقیم باشند و در یک صفحه قرار گیرند. برای قواره کردن می‌توان از مواد منبسط شونده، یا روش پارس و گوه استفاده کرد.

#### ۴-۴-۵- جابه‌جایی و حمل و نقل

جابه‌جایی و حمل و نقل تمام مراحل بلندکردن، بارگیری، تخلیه بار بر زمین، حرکت دادن و حمل و نقل بلوک‌های سنگی و ضایعات حین استخراج را در بر می‌گیرد.

ابزاری که برای فعالیت‌های اولیه حمل و نقل مورد استفاده قرار می‌گیرند عبارتند از:

- لودر؛
- بیل مکانیکی؛
- جرثقیل ثابت و متحرک؛



- کامیون؛

- وینچ.

ماشین آلات یاد شده علاوه بر جابجایی های مختلف، کاربردهای دیگری نیز دارند که در جدول ۴-۲ آمده است:

جدول ۴-۲- کاربرد ماشین آلات جابجایی و حمل و نقل در معادن سنگ تزئینی و نما

| فعالیت  | ماشین |         |             |        |        |
|---|-------|---------|-------------|--------|--------|
|   | لودر  | بولدوزر | بیل مکانیکی | کامیون | جرثقیل |
| برداشت خاک و مواد باطله                                   | ✓✓✓   | ✓✓✓     | ✓✓✓         | --     | --     |
| برداشت و یا جابه جایی ضایعات                              | ✓✓✓   | ✓       | ✓           | ✓✓✓    | --     |
| باز کردن و نگهداری جاده های دسترسی                        | ✓✓✓   | ✓✓✓     | ✓✓          | --     | --     |
| واژگون کردن پله ها یا قواره ها (مستقیم یا به کمک کابل)    | ✓✓✓   | ✓✓✓     | ✓✓          | --     | --     |
| جابه جایی بلوک ها (بارگیری، تخلیه، جای گذاری و حمل و نقل) | ✓✓✓   | ✓       | ✓✓          | --     | ✓✓✓    |
| جابه جایی و حمل و نقل تجهیزات                             | ✓✓✓   | ✓✓      | ✓✓✓         | ✓      | ✓✓✓    |
| تمیز کردن و نگهداری از جبهه کار                           | ✓✓✓   | --      | ✓✓✓         | --     | --     |
| ایجاد بستر لاشه سنگی به منظور واژگونی بلوک                | ✓✓✓   | ✓✓✓     | ✓✓          | ✓✓     | --     |
| تمیز کردن و مسطح کردن محل کار                             | ✓✓    | ✓✓✓     | ✓✓          | --     | --     |
| نصب تجهیزات حفاری   | ✓     | --      | ✓✓✓         | --     | --     |
|   | ✓✓✓   |         |             |        |        |
|   | ✓✓    |         |             |        |        |
|   | ✓     |         |             |        |        |
|   | --    |         |             |        |        |

✓✓✓ ماشین می تواند آن کار را به طور موثر و کارآمد انجام دهد.  
 ✓✓ ماشین به قدر کفایت آن کار را انجام می دهد.  
 ✓ ماشین برای انجام آن کار مناسب نیست ولی می تواند انجام دهد.  
 -- ماشین نمی تواند آن کار را انجام دهد.



# بخش سوم

---

---

## فرآوری سنگ‌های تزئینی و نما





# فصل ۵

---

---

## برش سنگ





## ۵-۱- برش بلوک سنگ

بلوک سنگ استخراج شده شکل قواره یا قله به واحدهای سنگبری حمل می‌شوند. در صورت نیاز برای قواره کردن سنگ از دستگاه تک‌لام که تیغه‌ای فولادی با دندانه‌های الماسی است استفاده می‌شود. در بعضی از کارخانجات به جای تک‌لام از سایر دستگاه‌های برش نظیر سیم برش الماسه استفاده می‌شود. ویژگی‌هایی نظیر ابعاد محصول نهایی، جنس سنگ و سختی آن از جمله عواملی هستند که در انتخاب روش و دستگاه مورد نیاز موثر هستند. بعد از اینکه سنگ به وسیله دستگاه‌های یاد شده قواره شد آن را با دستگاه‌های برش می‌برند. ماشین‌آلات برش سنگ را به دو دسته نرم بر و سخت‌بر تقسیم می‌کنند.

### ۵-۱-۱- روش‌های برش

#### الف- برش با استفاده از اره

برش سنگ به وسیله اره، رایجترین روش در کارخانجات سنگبری است. اره‌های برش عمدتاً در کارخانه‌هایی با ظرفیت تولید بالا به کار می‌روند. در این روش بلوک سنگ بوسیله یک سری اره‌های موازی با تیغه‌های الماسی بریده می‌شود. اره‌های الماسه دارای تیغه‌ها و قدرت متفاوت هستند که معمولاً چهل تا هشتاد تیغه دارند. اره‌ها را به دو گروه نرم‌بر و سخت‌بر تقسیم می‌کنند.

#### اراه نرم‌بر

دستگاه‌های اره نرم‌بر برای برش سنگ‌های آهکی به کار می‌روند. از مزایای این دستگاه، ضایعات برش نسبتاً کم و دقت برش مناسب است.

متداول‌ترین این دستگاه‌ها دارای سه نوع اره الماسی به شرح زیر است:

- نوع اول که در آن بلوک بر روی واگنی ثابت می‌ماند و واحد تیغه‌گیر پایین آورده می‌شود.
- نوع دوم که در آن واحد تیغه‌گیر در ارتفاع معینی ثابت می‌ماند و بلوک در راستای قائم بالا برده می‌شود.
- نوع سوم که در آن واحد تیغه‌گیر در وضعیت قائم است و بلوک در راستای افقی حرکت می‌کند.

#### اراه سخت‌بر

اره‌های سخت‌بر چند ده تا چند صد تیغه دارند و می‌توانند بلوک‌هایی به ابعاد  $۲۰۰ \times ۳۵۰ \times ۳۳۰$  سانتی‌متر را برش دهند.

#### ب- برش با قله‌بر

قله‌برها انواع و ابعاد مختلف دارند. در قله‌برها از تیغه‌های دایره شکل با سگمنت‌های الماسه استفاده می‌شود. در این روش بلوک سنگ مورد نظر توسط یک یا چند دیسک موازی به صورت همزمان برش می‌خورد و به شکل پلاک در می‌آید. برش سنگ در این روش به صورت یک مرحله‌ای و یا چند مرحله‌ای انجام می‌گیرد. روش یک مرحله‌ای برای سنگ‌های نرم و نیمه سخت و روش چند مرحله‌ای برای برش سنگ‌های سخت به کار می‌رود. نکته مهم آن است که حدود ۲۰٪ از قطر تیغه‌ها می‌تواند در عمق برش قرار گیرد لذا با افزایش ابعاد برش می‌بایست قطر دیسک‌ها تا چند برابر افزایش یابد و به دلیل محدودیت این امر، این ماشین قله‌بر در تولیدات بالا راندمان زیادی ندارد.



در قله‌برهای مخصوص برش سنگ‌های نرم و نیمه سخت دیسک به صورت کامل به اندازه عرض پلاک مورد نیاز و به طور یکباره وارد سنگ می‌شود که به این روش برش یک مرحله‌ای گفته می‌شود.

روش سیستم برش چند مرحله‌ای عمدتاً برای برش سنگ‌های گرانیت و سنگ‌های با درصد کوارتز بالا و سختی زیاد استفاده می‌شود. در این روش چندین دیسک عمودی که مراکزشان در یک امتداد است برش سنگ را چندین مرحله انجام می‌دهند. بدین ترتیب که در هر مرحله به اندازه فقط چند سانتی‌متر در سنگ نفوذ کرده و همزمان دیسک‌های هم مرکز که گاه تعدادشان به ۳۰ تا ۴۰ دیسک هم می‌رسد چند میلی‌متر تا چند سانتی‌متر برش انجام داده و در عقب برگشتن هم این عمل تکرار شده و همین‌طور الی آخر تا در نهایت به عمق نهایی می‌رسند.

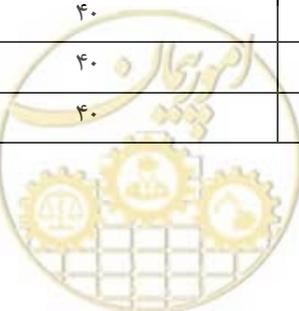
فرق اساسی روش‌های برش یک مرحله‌ای و برش چند مرحله‌ای، نحوه حرکت دیسک‌ها پس از انجام هر مرحله برش است. در برش یک مرحله‌ای بعد از برش عمودی، دیسک به عقب برگشته و برای برش پلاک بعدی آماده می‌شود ولی در روش برش چند مرحله‌ای پس از هر مرحله برش، برای برش بعدی دیسک‌ها ضمن حرکت به عقب حرکت انتقالی عمودی به سمت پایین نیز دارند. همچنین در برش یک مرحله‌ای در صورتی که دستگاه تک دیسک باشد، انعطاف‌پذیری کامل برای تغییر ضخامت سنگ به اندازه دلخواه وجود دارد ولی در برش چند مرحله‌ای ضخامت سنگ‌های برش خورده تنها می‌تواند به اندازه فاصله بین دیسک‌های عمودی باشد و هیچ‌گونه تغییری در ضخامت سنگ نمی‌توان اعمال کرد.

عمق برش و تعداد ورق تولید شده به وسیله قله‌بر دارای محدودیت است به نحوی که حداکثر تا ۱۲۰ سانتی‌متر ارتفاع را برش می‌دهد.

عمق برش باید طوری تنظیم شود که سرعت پیشروی ۲/۵ تا ۳ متر بر دقیقه تامین شود. از آب یا دیگر مواد خنک‌کننده برای خنک نگه داشتن تیغه‌های الماسه باید استفاده شود. اگر آب کافی به کار برده نشود، زائده‌های برش به سرعت از محل برش شسته نخواهند شد. این یکی از دلایلی است که در زمان برش باعث فرسودگی و سایش بدنه فولادی در زیر مقطع اتصال سگمنت‌ها با بدنه می‌شود. بدون آب کافی همچنین بدنه بیش از حد داغ می‌شود که این امر باعث ایجاد شکاف و از بین رفتن زود هنگام سگمنت‌ها می‌شود. برای حداقل کردن ساییدگی تیغه الماسه باید یک حجم مناسب آب به کار برده شود. جریان آب برای خنک کردن تیغه اره باید بین ۵ تا ۱۰ لیتر در دقیقه باشد.

#### جدول ۵-۱- مقدار آب مورد نیاز برای دیسک‌ها با توجه به قطر آن‌ها

| مقدار آب مورد نیاز |                                 |
|--------------------|---------------------------------|
| قطر (میلی‌متر)     | آب (لیتر بر دقیقه برای هر دیسک) |
| ۹۰۰                | ۳۰                              |
| ۱۰۰۰               | ۳۵                              |
| ۱۱۰۰               | ۳۵                              |
| ۱۲۰۰               | ۴۰                              |
| ۱۳۰۰               | ۴۰                              |
| ۱۶۰۰               | ۴۰                              |



### ۵-۱-۲- ملاحظات فنی و ایمنی برش بلوک‌های سنگی

در هنگام استفاده از ماشین‌آلات سنگبری، رعایت نکات ایمنی به منظور جلوگیری از بروز حوادث و سوانح ناشی از کار، از جمله شرایط ایمنی دستگاه‌های آموزش صحیح نیروی انسانی، نقش تعیین‌کننده‌ای دارند. آشنایی با مشکلات و عوامل سانحه‌ساز در زیر به صورت مختصر آمده است.

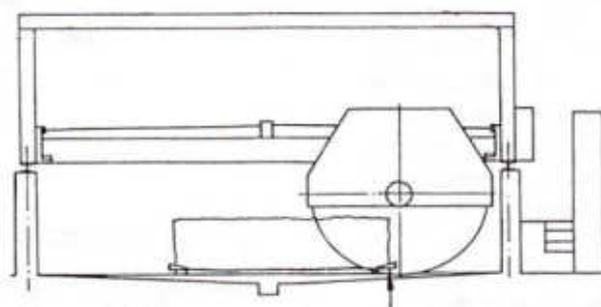
- بلوک سنگ در هنگام برش باید وضعیت مطمئن و تثبیت شده‌ای داشته باشد. تثبیت مناسب بلوک سنگ در حفظ دقت کار تیغه اره و دستیابی به سطوح برش تمیز موثر است.

علاوه بر آن بلوک‌های برش خورده منبع خطر بزرگی برای اپراتور و ماشین‌های برش محسوب می‌شوند.

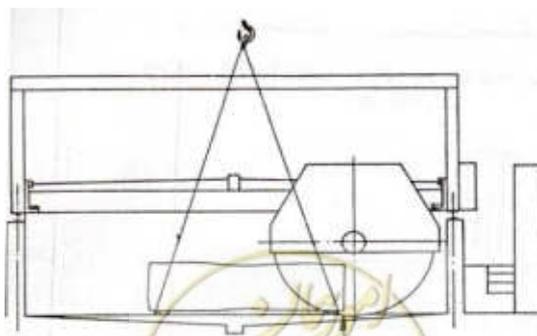
- دو روش برای جلوگیری از واژگونی و ریزش بلوک سنگ در حین برش، وجود دارد روش اول آن که بلوک به طور کامل برش داده نشود، بدین ترتیب می‌توان مطمئن بود که صفحات برش خورده سنگ سرپا باقی می‌مانند. در روش دوم بلوک سنگ به طور کامل برش می‌خورد. بدین مفهوم که تیغه اره یا تیغه اره‌ها از قسمت زیرین بلوک وارد و از بالای آن خارج می‌شوند.

برای جلوگیری از تماس سکوی ابزار برش با دستگاه در بین قسمت زیرین بلوک و سکوی دستگاه برش یک تکیه‌گاه قابل تعویض قرار می‌دهند. برای این منظور معمولاً از تیر چوبی یا باریکه‌های سنگ استفاده می‌شود. استفاده از چوب به جای سنگ به دلیل ایجاد ثبات بیشتر در مقابل جابه‌جایی بلوک، ارجحیت دارد.

تکیه‌گاه بلوک در اثر اره شدن مداوم ممکن است به مرور حالت ناپایدار پیدا کند و نیاز به تعویض داشته باشد. یکی از انواع تکیه‌گاه‌ها، گوه‌گذاری در زیر بلوک سنگ است. برای اجتناب از اره شدن مکرر گوه‌ها برای هر برش یک جفت گوه استفاده می‌شود.



شکل ۵-۱- گوه‌های مورد استفاده برای برش بلوک سنگ



شکل ۵-۲- منتفی بودن کار گوه‌گذاری در زمانی که ردیف کردن بلوک‌ها با کابل انجام می‌شود



شکل ۵-۳- تثبیت موقعیت افقی با یک گوه و گوه‌گذاری کل سطح جلویی بلوک

برای جلوگیری از خطر سرنگونی ضخامت برش خورده و نگهداری آن‌ها در حالت قائم در هنگام حمل، می‌توان صفحات برش را گچکاری کرد و یا آن‌ها را محکم به یکدیگر بست. زیرسازی مناسب بلوک سنگ بر روی سکوی دستگاه برش اهمیت ویژه‌ای دارد و باید با دقت کامل انجام گیرد، زیرا در اثر افتادن صفحات برش خورده به سمت خارج، خطرات جانبی برای اپراتور به همراه دارد و با واژگونی بلوک سنگ به طرف داخل و گیر کردن تیغ اره به ماشین برش صدمه می‌زند. یکی از متداول‌ترین روش‌های زیرسازی گچکاری است.

## ۵-۲- برش طولی و عرضی سنگ

پس از برش بلوک، در مرحله برش طولی سنگ، پلاک‌های بزرگ را تحت عملیات برش طولی قرار داده و آن‌ها را به صورت پلاک‌هایی با پهناهای یکسان در می‌آورند.

در مرحله برش عرضی سنگ، پلاک‌های ساب داده شده را به عرض موردنظر مطابق با مشخصات محصول نهایی برش می‌دهند. روش‌های برش عرضی متداول استفاده از دیسک‌های برش موازی با هم و روش تک دیسک است که روش اول ظرافت و دقت بیشتری دارد در صورتی که روش تک‌دیسک ظرفیت تولید بالاتری دارد.

در مرحله برش طولی و عرضی سنگ باید نکات فنی زیر مورد توجه قرار گیرند:

سرعت پیشروی دیسک‌های برش به عواملی نظیر سرعت چرخش دیسک حول محور مرکزی خود، سختی سنگ و نوع سگمنت‌های دیسک بستگی دارد که باید با توجه به این عوامل سرعت بهینه تعیین شود.

در هنگام برش، پلاک‌ها باید کاملاً ثابت و کوچک‌ترین حرکتی نداشته باشند. بکارگیری سیستم خنک‌کننده که معمولاً آب است علاوه بر خنک کردن دیسک‌ها، از پراکنده شدن گرد و غبار نیز جلوگیری می‌کند. دو طرف قطعات برش خورده باید کاملاً مستقیم و با یکدیگر موازی باشند. سطوح بالایی و پایینی قطعات برش خورده باید کاملاً تخت، یکنواخت و موازی با یکدیگر باشند.

## ۵-۳- جهت برش سنگ

جهت برش بر روی مقاومت، هوازگی، نحوه فرسوده شدن و زیبایی و ظاهر محصول تولید شده تاثیر بسزایی دارد. جهت یافتگی کانی‌ها، پرشدگی‌های ثانویه، صفحات ناهمسانی، توزیع کانی‌های فرعی و نوع مصرف از مواردی هستند که در تعیین جهت برش باید مدنظر قرار گیرند.

بلوک‌های مرمر را می‌توان در جهت موازی یا عمود بر صفحات لایه‌بندی برش داد. با استفاده از جهت برش و الگوی چیدمان می‌توان از یک نوع سنگ، نماهای متفاوتی را تولید کرد.

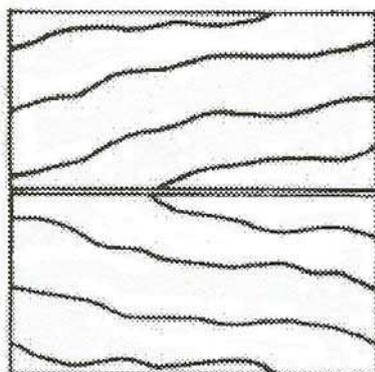
با توجه به اینکه مرمرها این ویژگی‌ها را بیش‌تر نمایش می‌دهند الگوهای متداول چیدمان سنگ مرمر در زیر ارائه می‌شود.



نصب سنگ مرمر با سایر سنگ‌ها متفاوت است و الگوهای مشخصی برای نصب آن وجود دارد. جهت برش در این سنگ‌ها با توجه به الگوهای نصب انتخاب می‌شود.

### ۵-۳-۱- الگوی پهلو به پهلو

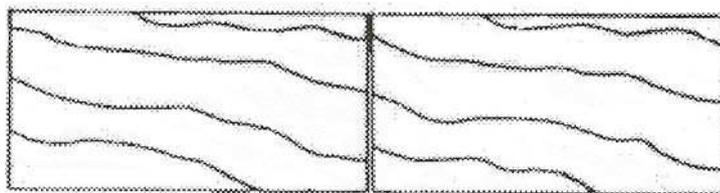
پلاک‌های بریده شده از یک بلوک را پهلو به پهلو در کنار یکدیگر قرار داده و یک الگوی تکراری را در منظر افقی ایجاد می‌کنند (شکل ۴-۵).



شکل ۵-۴- الگوی پهلو به پهلو

### ۵-۳-۲- الگوی انتها به انتها

پلاک‌های بریده شده از یک بلوک به صورت انتها به انتها، طوری قرار می‌گیرند که در منظر قائم یک الگوی تکراری را فراهم می‌کنند (شکل ۵-۵).



شکل ۵-۵- الگوی انتها به انتها

### ۵-۳-۳- الگوی جورشدگی انتهایی

کاشی پلاک‌های بریده شده از یک بلوک به صورت انتها به انتها طوری قرار می‌گیرند که در منظر قائم یک الگوی قرینه را ایجاد کنند (شکل ۶-۵).



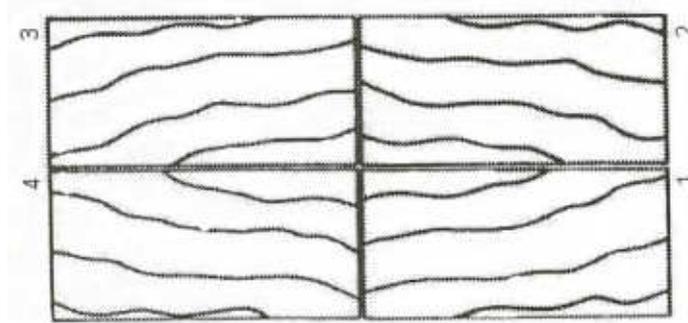
شکل ۵-۶- الگوی جورشدگی انتهایی

### ۵-۳-۴- الگوی جورشدگی کتابی

پلاک‌های بریده شده از یک بلوک، پهلو به پهلو به صورت صفحات باز شده یک کتاب قرار می‌گیرند.

### ۵-۳-۵- الگوی جورشدگی چهارتایی یا الماسی

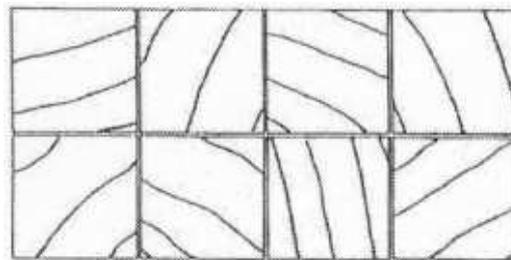
پلاک‌های برش‌خورده از یک بلوک به صورت کتابی در کنار هم به نحوی جور می‌شوند که جورشدگی الماسی از خودشان می‌دهند (شکل ۷-۵).



شکل ۷-۵- الگوی جورشدگی چهارتایی یا الماسی

### ۵-۳-۶- الگوی مختلط

پلاک‌های یک نوع مرمر ولی نه لزوماً از همان بلوک، به طور تصادفی در کنار هم چیده می‌شوند از این‌گو زمانی استفاده می‌شود که دیگر الگوها قابل استفاده نباشند (شکل ۸-۵).



شکل ۸-۵- الگوی مختلط



# فصل ۶

---

---

## ساب، صیقل و پرداخت سنگ





## ۶-۱-۱- مرحله ساب و صیقل اولیه سنگ

پس از برش سنگ به صورت پلاک و نوار، مرحله ساب و صیقل شروع می‌شود. البته لازم به توضیح است که در بعضی خطوط تولید، مراحل ساب و صیقل و تبدیل پلاک به نوار، معکوس عمل می‌شود. یعنی اگر کارخانه‌ای به دستگاه پلاک ساب مجهز باشد، اول پلاک ساییده و صیقل می‌شود بعد به ابعاد مورد سفارش بریده می‌شود.

### ۶-۱-۱- ساب نواری پیوسته

ساب نواری برای ساییدن و یکسان‌سازی ضخامت قطعات نیمه تمام قبل از برش عرضی است.

دستگاه ساب نواری باید داری خصوصیات زیر باشد:

- راندمان بالا و کیفیت صیقل مناسب؛
- امکان تغییر عرض آسان، سریع و انعطاف‌پذیری زیاد؛
- عمر مفید بالا؛
- سادگی و ایمنی بالا.

### ۶-۱-۲- عوامل موثر در کیفیت ساب با دستگاه ساب نواری پیوسته

- مقدار و چگونگی توزیع فشار باد؛
- سرعت عرضی و چرخشی به مقداری که لقمه بتواند با سنگ تماس پیدا کند و اثر ساینده‌گی خود را بر روی سنگ کامل کند.
- سرعت طولی نوار؛
- تراز بودن سنگ و صفحه نوار؛
- تاب نداشتن صفحه‌ها؛
- کیفیت لقمه‌ها؛
- مقدار آبی که به لقمه‌ها می‌رسد.

### ۶-۱-۳- لقمه‌های ساب

لقمه‌های ساب را به دو شیوه تقسیم‌بندی می‌کنند. یکی برحسب نوع ملات به کار رفته و دیگری بر حسب نوع مصرف لقمه برای سنگ‌های مختلف است.

#### الف- تقسیم‌بندی بر حسب نوع ملات

ملات منیزی- ملات منیزی به دلیل خاصیت سرامیکی و دیرگدازی متداولترین عامل چسباننده در لقمه‌های ساب سنگ است  
ملات رزینی- ملات رزینی در ساب اسیدی و مراحل پایانی پرداخت سنگ‌ها به کار می‌رود و محصول نهایی از کیفیت بسیار مطلوبی برخوردار است.

#### ب- تقسیم‌بندی بر حسب نوع سنگ

لقمه‌های ساب سنگ را بر حسب نوع سنگ پرداخت شونده به دو گروه سخت ساب و نرم ساب دسته‌بندی می‌کنند.



سنگ‌های سخت (گرانیت‌ها) به علت سختی بالا باید به صورت تدریجی و در چند مرحله ساب داده شوند تا بر سطح سنگ فشار زیاد و اضافی وارد نشده و خط و خشی بر روی آن ایجاد نشود.

لقمه‌های سخت ساب (گرانیت‌ها) نسبت به انواع نرم ساب سطح مقطع کوچکتری دارند و در هنگام ساب باید آب بیش‌تری در سطح تماس سنگ و لقمه استفاده شود تا اصطلاحاً سنگ نسوزد. بنابراین شکل لقمه‌های سخت‌ساب باید به گونه‌ای باشد که آب به راحتی در محل تماس لقمه‌ها و سنگ جاری شود ولی در لقمه‌های نرم ساب آب کم‌تری نسبت به لقمه‌های سخت ساب مورد نیاز است.

### ج- نوع دانه‌های ساینده و روش شماره‌بندی لقمه‌ها

متداول‌ترین ذرات ساینده‌ها اکسید آلومینیوم (به صورت طبیعی یا مصنوعی) و کاربید سیلیسیم هستند در مواردی از کروندوم نیز استفاده می‌شود.

لقمه‌های ساب سنگ را براساس اندازه ذرات بر حسب عدد مش شماره‌بندی می‌کنند.

ترتیب شماره‌بندی لقمه‌های ساب سنگ گرانیت به صورت زیر است (شماره بر حسب عدد مش است):

۱۶- ۲۰- ۲۴- ۳۶- ۴۶- ۶۰- ۸۰- ۱۲۰- ۱۸۰- ۲۲۰- ۲۸۰- ۳۲۰- ۴۰۰- ۶۰۰- ۸۰۰- ۱۰۰۰- ۱۲۰۰ و شماره آخر که لقمه

لوکس یا اسیدی است.

از شماره‌بندی لقمه‌های یاد شده برای سنگ‌های نرم به شرح زیر استفاده می‌شود:

مرحله ۱- استفاده از لقمه شماره ۳۶ یا شماره ۴۶؛

مرحله ۲- استفاده از لقمه شماره ۸۰ یا شماره ۱۰۰؛

مرحله ۳- استفاده از لقمه شماره ۲۲۰؛

مرحله ۴- استفاده از لقمه شماره ۴۰۰؛

مرحله ۵- برای ساب‌های با کیفیت بالا از لقمه شماره ۶۰۰ استفاده می‌شود.

و در نهایت لقمه اسیدی که مرحله پایانی پرداخت سطح سنگ‌های نرم است.

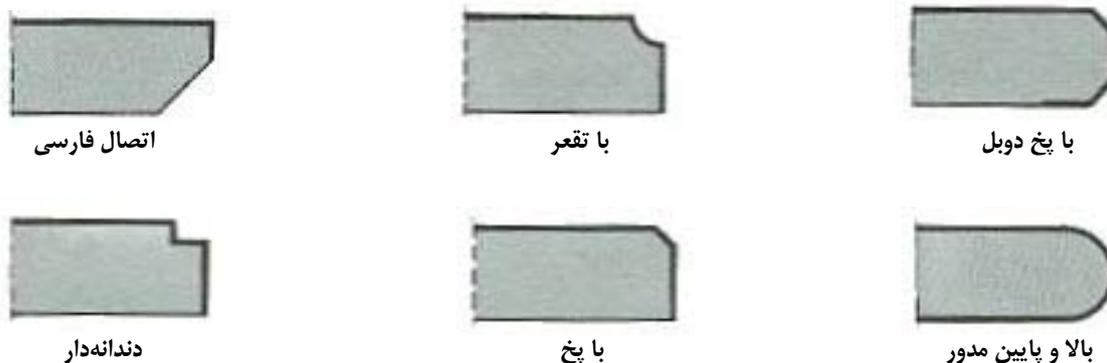
### ۶-۲- مرحله پرداخت نهایی سنگ

#### ۶-۲-۱- لبه‌زنی

پس از صیقل‌دادن و کالیبره‌کردن سنگ، باید لبه‌های آن را پرداخت کرد تا این مرحله سنگ صیقل خورده و کالیبره شده ولی هنوز لبه‌های آن پرداخت نگردیده است. بدین منظور لبه‌های سنگ را به وسیله دو سیستم چرخ سنباده پرداخت می‌کنند.

برای پرداخت و لبه‌زنی مناسب، از دستگاه‌های لبه‌زنی برای تولید لبه‌های گرد و نیمه‌گرد و برش‌های اریب استفاده می‌شود.





شکل ۶-۱- انواع لبه‌های متداول در لبه زنی

### ۶-۲-۲- تیشه‌زنی

یکی از روش‌های پرداخت، تیشه‌زنی سطح سنگ است که این نوع پرداخت عمدتاً در سنگ‌های کف کاربرد دارد تیشه‌زنی به روش دستی یا با استفاده از چکش‌های هوایی فشرده انجام می‌شود.

### ۶-۲-۳- ماسه‌زنی

عملیات ماسه‌زنی با استفاده از جریان پر فشار آب و ماسه بر سطح ورق سنگ انجام می‌شود. ماشین ماسه‌زنی از یک میز غلتان تشکیل می‌شود که ورق سنگ بر روی آن حرکت می‌کند. در زیر ورق سنگ، فشانه ماسه‌پاش قرار دارد که مخلوط ساینده را به سطح سنگ می‌پاشد و با سرعتی قابل تنظیم حرکت می‌کند. حرکت عرضی فشانه و حرکت طولی ورق سنگ با یکدیگر هماهنگ می‌شوند تا عملیات پرداخت تمام سطح سنگ را در بر گیرد.

### ۶-۲-۴- شیار زنی

سنگ‌ها را به سه منظور شیارزنی می‌کنند:  
زیبایی، بعضی از سنگ‌ها بعد از ایجاد شیاری روی سطح آن‌ها زیبایی خاصی به خود می‌گیرند.  
جلوگیری از لغزندگی، از طریق زبر کردن سطح سنگ به خصوص برای سنگ پله آن را شیارزنی می‌کنند.  
برای چسبندگی بهتر، معمولاً پشت سنگ را به شکل X شیار می‌دهند تا موقع نصب از چسبندگی بهتری برخوردار باشد.

### ۶-۲-۵- پرداخت با پودرهای مخصوص

این روش پرداخت معمولاً همراه با روش‌هایی مانند ساب و صیقل با دستگاه ساب نواری به صورت ترکیبی به کار می‌رود. اگر پودری که استفاده می‌شود رنگی باشد، پودر علاوه بر ساب و صیقل، رنگ سنگ را نیز تغییر می‌دهد. به منظور رنگ کردن سنگ همراه با پرداخت، تا ۲۰٪ وزن پودر پرداخت را رنگ تشکیل می‌دهد.



### ۶-۲-۶- استفاده از رزین و واکس

واکس‌ها ترکیبی از پارافین، موم و بعضی افزودنی‌های مصنوعی هستند که برای براق نگهداشتن و جلوگیری از لکه‌دار شدن سنگ به کار می‌روند. از واکس‌ها نباید برای سنگ‌هایی با سطح مات استفاده کرد.

### ۶-۳- مرحله شستشو

به منظور زدودن گرد و غبار و روغن ماشین‌آلات فرآوری، سنگ را شستشو می‌دهند.

### ۶-۴- کارهای ویژه در پرداخت سنگ

با توجه به ماهیت هنری و معماری سنگ‌های تزئینی و نما، کارهای متفاوتی تحت عنوان ویژه به شرح زیر بر روی آن‌ها انجام می‌گیرد:

- کارهای ویژه بر روی قطعات نازک سنگ؛
- کارهای ویژه بر روی ورق‌های ضخیم سنگ؛
- کارهای ویژه بر روی قطعاتی با سطح استوانه‌ای؛
- کارهای ویژه برای ایجاد پروفیل‌های گوناگون سنگی.

### ۶-۴-۱- کارهای ویژه بر روی قطعات نازک سنگ

کارهای ویژه‌ای به شرح زیر بر روی سنگ‌هایی که ضخامت آن‌ها کمتر از ۵ سانتی‌متر است، به شرح زیر انجام می‌گیرد:

- پرداخت مختلط؛
- پرداخت سطحی کناره‌ها به صورت مستقیم، اریب، گرد یا نیمه گرد؛
- انجام برش‌های اریب، خمیده، منحنی یا گرد؛
- کارهای مربوط به روش‌های گوناگون نصب سنگ؛ شامل:
  - حفر سوراخ‌های مهار در دو طرف؛
  - حفر سوراخ‌های مهار در طرف پرداخت نشده؛
  - ایجاد شکاف؛
  - ایجاد شیار.

تکنولوژی مورد استفاده برای انجام کارهای ویژه بسیار متنوع است و غیر از ماشین‌های متداول در چرخه تولید معمولی، از ماشین‌هایی نظیر فرز بازویی، فرز دروازه‌ای، ساب دستی، ساب نواری و ماشین پرداخت با شعله نیز استفاده می‌شود.



### ۶-۴-۲- کارهای ویژه بر روی ورق‌های ضخیم سنگ

ضخامت ورق‌های ضخیم سنگ، از ۸ سانتی‌متر بیش‌تر است و معمولاً کار بر روی این ورق‌ها، با ماشین‌های معمولی متداول در چرخه تولید قابل انجام است. گاهی اوقات برای انجام برش‌های منحنی از ماشین‌های ویژه مجهز به سیم الماسه استفاده می‌شود.

### ۶-۴-۳- کارهای ویژه بر روی قطعاتی با سطح استوانه‌ای

این قطعات شامل فرآورده‌هایی مانند اجسام استوانه‌ای توپر و توخالی، قطعات مخروطی یا مخروطی ناقص و نظایر آنها است.

### ۶-۴-۴- کارهای ویژه برای ایجاد پروفیل‌های گوناگون سنگی

برای ایجاد پروفیل‌ها و تراش‌های ویژه، از ماشین‌های معمولی چرخه تولید که به تجهیزات کپی تراشی مجهز شده‌اند استفاده می‌شود. در سال‌های اخیر با استفاده از ماشین‌های مجهز به تکنولوژی ساخت و طراحی به کمک کامپیوتر (CAD, CAM) می‌توان پروفیل‌های طراحی شده را به سهولت اجرا کرد.





# فصل ۷

---

---

## بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما





## ۷-۱- عوامل موثر در بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما

در کاربرد سنگ‌های تزئینی و نما مشکلاتی نظیر گونیا نبودن، ناهمخوانی ضخامت و عدم یکنواختی ابعاد پلاک‌ها وجود دارد که باید با افزایش دقت ماشین‌آلات و نیروی انسانی مرتفع شود.

- سنگ خام؛
- ماشین‌آلات و تجهیزات معدنی و سنگ‌بری؛
- نحوه استخراج، برش، ساب و صیقل سنگ؛
- عامل انسانی؛
- دقت در انتخاب و نصب سنگ؛
- کنترل کیفیت.

## ۷-۲- روش‌های بهبود کیفیت سنگ

### ۷-۲-۱- رنگ‌آمیزی سنگ

روش‌های مختلفی برای رنگ‌آمیزی سنگ‌ها وجود دارد. در مورد بعضی از سنگ‌ها، به ویژه سنگ‌های سیاه، سبز و قرمز می‌توان از واکس‌های رنگی موجود در بازار استفاده کرد اما رنگ حاصل از این روش دائمی نیست و در اغلب موارد باید به طور مرتب واکس را تجدید کرد. روش دیگر رنگ‌آمیزی سنگ، بتونه‌کاری با بتونه‌های رنگی است. بدین ترتیب که به هنگام بتونه‌کاری، از بتونه‌ای با رنگ مشخص استفاده می‌کنند و بعد از ساب و صیقل، رنگ بتونه با سنگ ترکیب رنگی ایجاد می‌کند.

در مرحله ساب و صیقل نیز می‌توان از پودرهای رنگی استفاده کرد که تا حدودی می‌توانند رنگ سنگ را تغییر دهند. در این روش اگر پودری که استفاده می‌شود رنگ به خصوصی داشته باشد، علاوه بر ساب و صیقل، رنگ سنگ را نیز عوض می‌کند. در روش‌های جدید رنگ‌آمیزی سنگ را تحت فشار قرار می‌دهند تا رنگ در داخل بافت سنگ نفوذ کند و بدین ترتیب سنگ رنگ جالبی به خود می‌گیرد که بسیار طبیعی نیز به نظر می‌رسد. برای رنگ‌آمیزی سنگ از حوضچه‌های رنگ نیز استفاده می‌کنند، بدین ترتیب که سنگ را به مدت زیادی داخل این حوضچه‌های رنگ قرار می‌دهند تا رنگ را به خود بگیرد.

### ۷-۲-۲- بتونه‌کاری

بتونه‌کاری معمولاً روی سنگ تراورتن انجام می‌شود و سنگ‌های دیگر را به ندرت بتونه‌کاری می‌کنند. بتونه‌کاری تراورتن به سلیقه، جلوه مورد نظر و کاربرد سنگ بستگی دارد.

مواد مورد استفاده در بتونه‌کاری تراورتن، شامل سیمان هیدرولیکی، اپوکسی و رزین‌ها هستند.

### ۷-۲-۳- تقویت‌کننده‌ها

برای تقویت سنگ و جلوگیری از شکسته شدن سنگ در هنگام فرآوری و بعد از نصب، از تقویت‌کننده‌ها استفاده می‌شود. تقویت‌کننده‌ها معمولاً عملکرد خوبی دارند و به کمک آن‌ها می‌توان سنگ‌هایی را که فرآوری آن‌ها هزینه بالایی دارد، به چرخه تولید



وارد کرد. با استفاده از چسب‌های تقویت‌کننده و با در نظر گرفتن نوع سنگ، میزان ترک‌ها و شیارهای آن می‌توان سنگ را تقویت، خلل و فرج و شیارهای آن را پر کرد و از باز شدن ترک‌ها و شیارهای طبیعی سنگ به هنگام فرآوری در زمان نصب و استفاده از سنگ جلوگیری کرد.

نوعی از این چسب‌ها دو جزیی هستند و بر پایه رزین‌های اپوکسی طراحی و ساخته شده‌اند در صورت استفاده از رنگ در این چسب‌ها، رنگ شیارهای پر شده تحت تاثیر رنگ چسب قرار می‌گیرند.

#### ۷-۲-۴- پوشش‌ها

پوشش‌ها معمولا از انواع اکریلیک، اورتان، یورتن‌ها (نوعی فوم)، اپوکسی، روغن‌های جلا و لاک‌ها هستند و برای پوشش سنگ کف به کار می‌روند و سنگ را در برابر سایش مقاوم می‌کنند.



# فصل ۸

---

---

## کنترل کیفیت، بسته‌بندی و انبار





### ۸-۱- کنترل فرآیند فرآوری سنگ

کنترل کیفیت در دوبخش حین عملیات فرآوری و بعد از تولید محصول انجام می‌شود. برای کنترل کیفیت فرآیند فرآوری سنگ باید در طی فرآیند مراحل مختلف آن را تحت نظر داشت و عملیات مختلف که روی سنگ انجام می‌شوند را کنترل کرد.

### ۸-۲- بسته‌بندی و انبار سنگ فرآوری شده

به منظور بسته‌بندی پلاک‌ها از جعبه‌ها یا پالت‌های چوبی استفاده می‌شود. جعبه یا پالت باید بر اساس استانداردهای بین‌المللی ساخته شود تا در ضمن حمل و نقل به پلاک‌ها صدمه‌ای وارد نشود.

در مورد بسته‌بندی محصول تولید شده، رعایت نکات زیر توصیه می‌شود:

- جلوگیری از شکستن و لب‌پریدگی سنگ؛

- جلوگیری از ایجاد خراش و خش و لکه بر روی سطح سنگ.

بنابراین توصیه می‌شود سطح تمام محصولات با کاغذ پوشانده شود، بین هر دو قطعه سنگ یک جسم واسطه ضربه‌گیر قرار گیرد و کل محموله در جعبه یا پالت قرار گیرد. به طور معمول وزن هر پالت حدود ۵ تن است.





## خواننده گرامی

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور با گذشت بیش از سی سال فعالیت تحقیقاتی و مطالعاتی خود، افزون بر چهارصد عنوان نشریه تخصصی- فنی، در قالب آیین‌نامه، ضابطه، معیار، دستورالعمل، مشخصات فنی عمومی و مقاله، به صورت تالیف و ترجمه، تهیه و ابلاغ کرده است. نشریه حاضر در راستای موارد یاد شده تهیه شده، تا در راه نیل به توسعه و گسترش علوم در کشور و بهبود فعالیت‌های عمرانی به کار برده شود. فهرست نشریات منتشر شده در سال‌های اخیر در سایت اینترنتی <http://tec.mporg.ir> قابل دستیابی می‌باشد.

## دفتر نظام فنی اجرایی



Islamic Republic of Iran  
Vice Presidency for Strategic Planning and Supervision

# Technical Guidelines for Exploration, Exploitation and Processing of Decorative Stones

**No. 378**

Office of Deputy for Strategic Supervision

Ministry of Industries and Mines

Bureau of Technical Execution System

Deputy of Mining and Mineral Industries  
Office for Mining Safety and Supervision

<http://tec.mporg.ir>

<http://www.mim.gov.ir>





## این نشریه

مشمول بر معیارها و راهنماهای فنی  
مورد نیاز برای رده‌بندی، اکتشاف،  
استخراج و فرآوری سنگ‌های تزئینی و  
نما است.

