



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran

سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران

۱۴۶۸۵

چاپ اول

آبان ۱۳۹۱

INSO

14685

1st. Edition

Nov.2012

سنگ‌های تزئینی و نما - راهنمای اکتشاف

**Decorative and Faced stones -
exploration guide**

ICS:91.100

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ مورخ ۹۰/۷/۲۴ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان های دولتی و غیر دولتی حاصل می شود. پیش نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادات در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان های علاقه مند و ذی صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می کنند در کمیته ملی طرح و بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می شوند که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML)^۳ است و به عنوان تنها رابط^۴ کمیسیون کدکس غذایی (CAC)^۵ در کشور فعالیت می کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی های خاص کشور، از آخرین پیشرفت های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین المللی بهره گیری می شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می تواند با رعایت موازین پیش بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد ایران این گونه سازمان ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن ها نظارت می کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization

2 - International Electrotechnical Commission

3- International Organization of Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legale)

4 - Contact point

5 - Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد
« سنگ‌های تزئینی و نما- راهنمای اکتشاف »

سمت و/ یا نمایندگی
دانشگاه شهید بهشتی

رئیس:

شرقی ، عبدالعلی
(دکتر مهندسی عمران)

دبیر:

کارشناس استاندارد

نوری ،عباس
(کارشناس مهندسی معدن)

اعضاء: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

پژوهشگاه استاندارد

سامانیان ،حمید
(کارشناس ارشد مهندسی مواد- سرامیک)

سازمان ملی استاندارد

عباسی رزگله ،حسین
(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

استاد دانشگاه شهید رجایی

عباسی رزگله ،محمد رضا
(کارشناس ارشد مهندسی عمران)

پژوهشگاه استاندارد

قهری ،هما
(کارشناس ارشد شیمی محض)

اداره کل استاندارد استان یزد

گلبخش ،محمد حسین
(کارشناس مهندسی عمران)

سازمان ملی استاندارد

مجتبوی ، سیدعلیرضا
(کارشناس مهندسی مواد- سرامیک)

اداره کل استاندارد استان فارس

محرری ،حسن
(کارشناس مهندسی عمران)

پژوهشگاه استاندارد

مرشدی ،عبدالرضا
(کارشناس شیمی محض)

دانشگاه بین المللی امام خمینی(ره)

میر هادی ، بهمن
(دکتر مهندسی مواد- سرامیک)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ب	آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران
ج	کمیسیون فنی تدوین استاندارد
ز	پیش گفتار
ح	مقدمه
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ رده بندی سنگ های تزئینی و نما
۱	۱-۲ رده بندی براساس منشا
۱	۱-۱-۲ سنگ های رسوبی
۲	۲-۱-۲ سنگ های آذرین
۳	۳-۱-۲ سنگ های دگرگونی
۳	۲-۲ رده بندی سنگ های تزئینی و نما بر اساس خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی
۳	۱-۲-۲ جرم مخصوص
۳	۲-۲-۲ مقاومت فشاری تک محوری
۳	۳-۲-۲ سختی
۳	۴-۲-۲ مقاومت در مقابل یخ زدگی
۴	۵-۲-۲ مقاومت در مقابل اسیدها
۴	۶-۲-۲ مقاومت در مقابل بازها
۴	۳-۲ رده بندی تجاری سنگ های تزئینی و نما
۴	۱-۳-۲ گرانیته ها
۴	۲-۳-۲ مرمرها
۵	۳-۳-۲ آهک ها
۵	۳ ضوابط و معیارهای اکتشاف سنگ های تزئینی و نما
۵	۱-۳ روند کلی اکتشاف سنگ های تزئینی و نما
۵	۱-۱-۳ بررسی های دفتری
۶	۲-۱-۳ بررسی های صحرائی
۶	۳-۱-۳ بررسی های اقتصادی
۶	۲-۳ مراحل اکتشاف سنگ های تزئینی و نما
۷	۱-۲-۳ شناسایی
۷	۲-۲-۳ مرحله پی جویی
۸	۳-۲-۳ اکتشاف عمومی
۸	۴-۲-۳ اکتشاف تفصیلی
۱۰	۴ ضوابط تهیه طرح استخراج
۱۰	۱-۴ آشنایی
۱۰	۲-۴ نقشه های مورد نیاز
۱۱	۳-۴ طراحی معدن سنگ تزئینی و نما
۱۱	۱-۳-۴ اصول و ضوابط کلی

۱۱	۲-۳-۴ روش‌های موجود برای استخراج معادن سنگ تزئینی و نما
۱۱	۳-۳-۴ ضوابط تهیه طرح پیش باطله‌برداری و آماده‌سازی
۱۲	۴-۳-۴ ضوابط طراحی پله‌های معادن سنگ تزئینی و نما
۱۳	۵-۳-۴ شکل و ابعاد بلوک‌های استخراجی
۱۳	۴-۴ انتخاب روش استخراج و تکمیل طرح
۱۳	۱-۴-۴ انتخاب تجهیزات
۱۴	۲-۴-۴ تاسیسات زیربنایی و خدماتی
۱۴	۵ چرخه عملیات استخراج سنگ‌های تزئینی و نما
۱۴	۱-۵ آشنایی
۱۵	۲-۵ برش اولیه
۱۵	۱-۲-۵ برش‌های مبتنی بر چال‌زنی
۱۸	۲-۲-۵ برش با سنگ‌برها
۱۹	۳-۲-۵ برش با سیم برش
۲۳	۳-۵ جداکردن و واژگونی بلوک سنگ بریده‌شده
۲۳	۱-۳-۵ استفاده از بالشتک‌های منبسط شونده
۲۴	۲-۳-۵ استفاده از جک‌های هیدرولیک
۲۵	۳-۳-۵ استفاده از تجهیزات جابه‌جایی در معدن
۲۵	۴-۵ قواره‌بندی بلوک‌ها
۲۶	۱-۴-۵ قواره کردن با سیم الماسه متحرک
۲۶	۲-۴-۵ قواره کردن با سیم الماسه ثابت
۲۶	۳-۴-۵ قواره کردن با چال‌زنی
۲۶	۵-۵ جابه‌جایی و حمل و نقل
۲۷	۶ برش سنگ
۲۷	۱-۶ آشنایی
۲۷	۱-۱-۶ روش‌های برش
۲۹	۲-۱-۶ ملاحظات فنی و ایمنی برش بلوک‌های سنگی
۳۱	۲-۶ برش طولی و عرضی سنگ
۳۱	۳-۶ جهت برش سنگ
۳۲	۱-۳-۶ الگوی پهلو به پهلو
۳۲	۲-۳-۶ الگوی انتها به انتها
۳۳	۳-۳-۶ الگوی جورشدگی انتهایی
۳۳	۴-۳-۶ الگوی جورشدگی کتابی
۳۳	۵-۳-۶ الگوی جورشدگی چهارتایی یا الماسی
۳۳	۶-۳-۶ الگوی مختلط
۳۴	۷ ساب، صیقل و پرداخت سنگ
۳۴	۱-۷ مرحله ساب و صیقل اولیه سنگ
۳۴	۱-۱-۷ ساب نواری پیوسته
۳۴	۲-۱-۷ عوامل موثر در کیفیت ساب با دستگاه ساب نواری پیوسته

۳۵	۳-۱-۷ لقمه‌های ساب
۳۶	۲-۷ مرحله پرداخت نهایی سنگ
۳۶	۱-۲-۷ لبه‌زنی
۳۶	۲-۲-۷ تیشه‌زنی
۳۶	۳-۲-۷ ماسه‌زنی
۳۶	۴-۲-۷ شیارزنی
۳۷	۵-۲-۷ پرداخت با پودرهای مخصوص
۳۷	۶-۲-۷ استفاده از رزین و واکس
۳۷	۳-۷ مرحله شستشو
۳۷	۴-۷ کارهای ویژه در پرداخت سنگ
۳۷	۱-۴-۷ کارهای ویژه بر روی قطعات نازک سنگ
۳۸	۲-۴-۷ کارهای ویژه بر روی ورق‌های ضخیم سنگ
۳۸	۳-۴-۷ کارهای ویژه بر روی قطعاتی با سطح استوانه‌ای
۳۸	۴-۴-۷ کارهای ویژه برای ایجاد پروفیل‌های گوناگون سنگی
۳۸	۸ بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما
۳۸	۱-۸ عوامل موثر در بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما
۳۸	۲-۸ روش‌های بهبود کیفیت سنگ
۳۸	۱-۲-۸ رنگ‌آمیزی سنگ
۳۹	۲-۲-۸ بتونه‌کاری
۳۹	۳-۲-۸ تقویت‌کننده‌ها
۳۹	۴-۲-۸ پوشش‌ها
۴۰	۹ کنترل کیفیت و بسته‌بندی و انبار
۴۰	۱-۹ کنترل فرآیند فرآوری سنگ
۴۰	۲-۹ بسته‌بندی و انبار سنگ فرآوری شده

پیش گفتار

استاندارد " سنگ‌های تزئینی و نما- راهنمای اکتشاف " که پیش نویس آن در کمیسیون های مربوط توسط سازمان ملی استاندارد ایران و در سیدوشصت وهشتمین اجلاسیه کمیته ملی استاندارد مهندسی ساختمان و مصالح و فرآورده های ساختمانی مورخ ۱۳۹۰/۱۲/۲۴ مورد تصویب قرار گرفته است ، اینک به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ ، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می شود .

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت . بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیه این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:
نشریه ۳۷۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی ریاست جمهوری: راهنمای اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما، سال ۱۳۸۷

مقدمه

دفتر نظام فنی اجرایی معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور، با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه نشریه شماره ۳۷۸ تحت عنوان راهنمای اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما، کرده و آن را برای استفاده به جامعه مهندسی کشور عرضه نموده است. 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 اسامی آنها بشرح زیر می‌باشد.

مجری طرح

وجیهه ... جعفری وزارت صنایع و معادن

اعضای کارگروه اکتشاف

اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف
اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف
اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف
اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف
اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف
اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف	اعضای کارگروه اکتشاف

اعضای کارگروه استخراج

اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج
اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج
اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج
اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج
اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج
اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج	اعضای کارگروه استخراج

اعضای کارگروه فرآوری

اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری
اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری
اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری
اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری
اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری
اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری	اعضای کارگروه فرآوری

اعضای کارگروه تنظیم و تدوین

مهدی ایران‌نژاد دکترای مهندسی فرآوری مواد معدنی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

وزارت صنایع و معادن	کارشناس ارشد زمین‌شناسی	عبدالرسول زارعی
دانشگاه صنعتی امیرکبیر	دکترای مهندسی مکانیک سنگ	مصطفی شریف‌زاده
دانشگاه صنعتی امیرکبیر	کارشناس ارشد مهندسی معدن	حسن مدنی
دانشگاه تربیت معلم	دکترای زمین‌شناسی اقتصادی	بهزاد مهرابی

کارشناسان معاونت نظارت راهبردی

دفتر نظام فنی اجرایی	کارشناس مهندسی کشاورزی	علیرضا دولت‌شاهی
دفتر نظام فنی اجرایی	کارشناس ارشد مهندسی صنایع	فرزانه آقارمضانعلی
دفتر نظام فنی اجرایی	کارشناس ارشد مهندسی عمران	شهرزاد روشن‌خواه

با توجه به تغییرات ساختاری بوجود آمده در موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران و ارتقای جایگاه موسسه به سازمان ملی استاندارد ایران، حوزه استانداردسازی گسترش یافته است، در همین راستا و به منظور فراگیر نمودن حوزه کاربری نشریات و دستورالعمل‌هایی که توسط سایر سازمان‌ها انتشار یافته‌اند پذیرش آن‌ها به عنوان استاندارد ملی در دستور کار سازمان ملی استاندارد ایران قرار گرفته است. نظر به این‌که استانداردهایی ملی تلقی می‌شوند که براساس مفاد مندرج در استاندارد ملی شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی مربوط که توسط موسسه (سازمان ملی استاندارد ایران) تشکیل می‌گردد به تصویب رسیده باشد و با همین رویکرد، این استاندارد براساس نشریه شماره ۳۷۸ معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور تهیه شده است.

سنگ‌های تزئینی و نما- راهنمای اکتشاف

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد ارائه راهنمای اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما است.

۲ رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما

۱-۲ رده‌بندی براساس منشا

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

۱-۱-۲ سنگ‌های رسوبی

مهم‌ترین انواع سنگ‌های تزئینی و نما با منشا رسوبی سنگ‌های کربناتی (آهکی و دلمیتی)، کنگلومرا و ماسه‌سنگ‌ها هستند.

الف - سنگ‌های کربناتی

سنگ‌های کربناتی 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 آهک ساز 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 این رو 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 تزیینی، مجاز است. برش و سایش سنگ آهک‌های سیلیسی 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 تشکیل دهنده آنها کاملا به هم سیمان شده باشند به عنوان سنگ‌های تزیینی و نما مورد استفاده قرار می‌گیرند. در صورتی که اجزا تشکیل دهنده کنگلومرا آهکی و تباین مناسبی بین رنگ قطعات و سیمان وجود داشته باشد، سنگ مرغوب‌تر خواهد بود. تفاوت در سختی اجزا تشکیل دهنده 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 تزیینی و نما هستند.

۲-۱-۲ سنگ‌های آذرین

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

الف- گرانیت‌ها

گرانیت‌ها یک خانواده بسیار مهم سنگ‌های تزیینی 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 تشکیل دهنده 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 ضمناً در مراحل ساب و صیقل، رنگ‌های زیبایی بروز دهند، به عنوان سنگ تزئینی و نما مورد توجه هستند.

۳-۱-۲ 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. در بازار تجاری مرمر درشت بلور، سفید رنگ را اصطلاحاً کریستال می‌گویند و مرمر دارای بلور سفید رنگ هم اندازه و یکنواخت را اصطلاحاً سنگ‌چینی می‌نامند.

ب- گنیس‌ها

گنیس‌ها مانند گرانیت‌ها، در صورتی که دارای رنگ‌های ایده آل، بلورهای درشت و فاقد آثار دگرسانی باشند، به دلیل ظاهر و بافت زیبا سنگ‌های تزئینی و نمایی جالبی را تشکیل می‌دهند. یادآوری- اسلیت و شیبست نیز جزء سنگ‌های دگرگونی هستند که می‌توان استفاده کرد.

۲-۲ رده‌بندی سنگ‌های تزئینی و نما بر اساس خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی

۱-۲-۲ جرم مخصوص

بر این اساس سنگ‌ها را به دو گروه با جرم مخصوص بیش از ۱۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و کم تر از آن تقسیم می‌کنند.

۲-۲-۲ مقاومت فشاری تک‌محوری

بر این اساس سنگ‌ها را به دو گروه با مقاومت فشاری تک‌محوری بیش از ۱۰۰ مگا پاسکال و کم تر از آن تقسیم می‌کنند.

۳-۲-۲ سختی

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

۴-۲-۲ مقاومت در مقابل یخ‌زدگی

بر این اساس سنگ‌ها به ۱۰ درجه تقسیم‌بندی می‌شوند. درجه‌های ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۵۰، که رعایت این درجه‌بندی، با توجه به شرایط آب و هوایی مناطق مختلف، امری مهم و ضروری است.

۵-۲-۲ مقاومت در مقابل اسیدها

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

۶-۲-۲ 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.

۳-۲ 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.

۱-۳-۲ 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.

۲-۳-۲ مرمرها

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

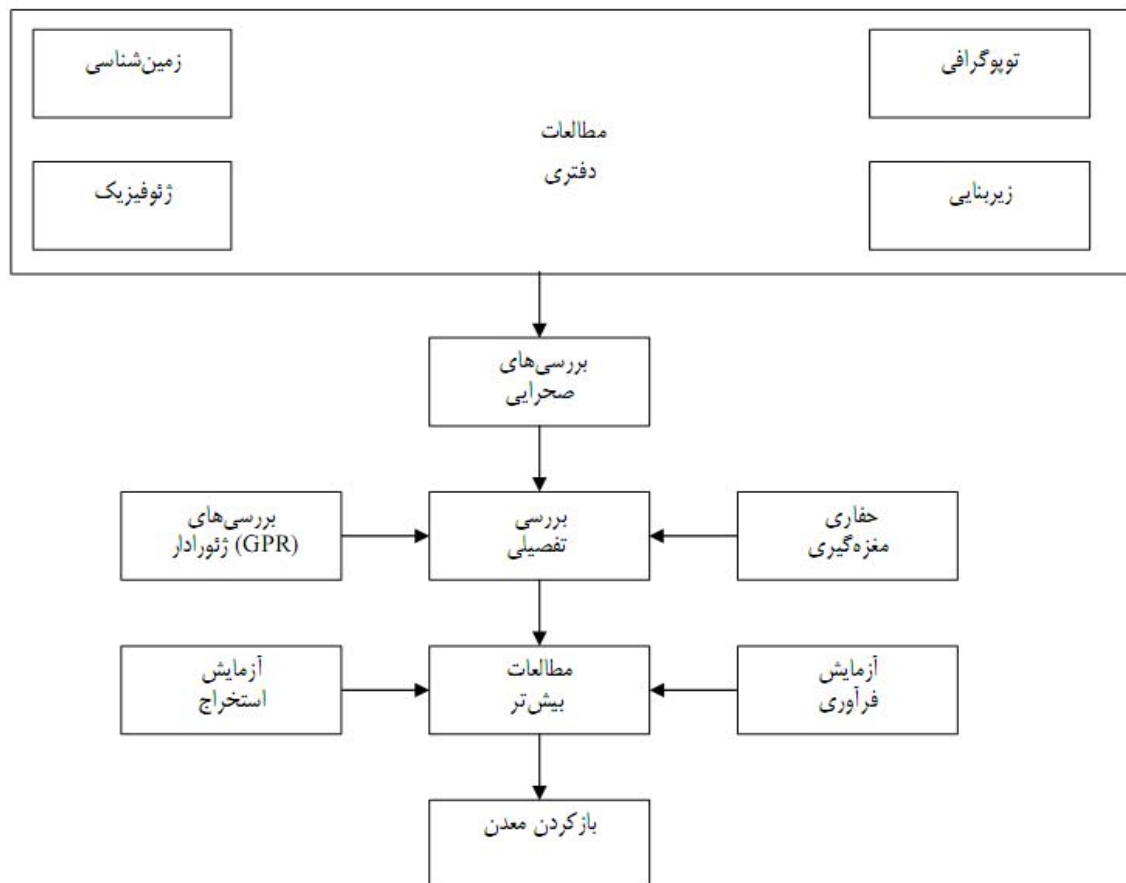
۲-۳-۳ آهک‌ها

در رده‌بندی تجاری آهک‌ها شامل سنگ‌های با منشا 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.

۳ ضوابط و معیارهای اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

۱-۳ روند کلی اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

نحوه اکتشاف سنگ تزئینی و نما به شرح زیر است:



۱-۱-۳ 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 زمین

شناسی مواردی همچون محدودیت‌های زیست محیطی و عوامل زیربنایی منطقه نیز باید مورد بررسی قرار گیرد.

۳-۱-۲ بررسی‌های صحرایی

- پس از انجام بررسی‌های دفتری، مناطق مستعدی که در تجزیه و تحلیل داده‌های موجود مکان‌یابی شده‌اند طی مراحل زیر مورد بررسی‌های صحرایی قرار می‌گیرند.
- نقشه‌برداری در سطح کلی و برای رخنمون‌های طبیعی انجام می‌گیرد.
 - الف- در مکان‌های شناسایی شده بازدیدهای مقدماتی برای بررسی وضعیت سنگ شناختی، 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 کانی شناسی، 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 کم عمق 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 کوب‌دهی و امکان فرآوری در مقیاس صنعتی با احداث جبهه کار آزمایشی قله-هایی از سنگ استخراج و به سنگ‌بری ارسال شود.

۳-۱-۳ 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.

۲-۳ مراحل اکتشاف سنگ‌های تزئینی و نما

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

۱-۲-۳ 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 ۱:۱۰۰۰۰۰ با هدف مشخص کردن سازندهای دارای واحدهای سنگی مناسب سنگ‌های تزئینی و نما؛

د- بازدید و کنترل صحرایی واحدهای سنگی مستعد و برداشت نمونه‌های گیره‌وازه برای مطالعات سنگ-شناسی؛

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.

۲-۲-۳ 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 ۱:۲۵۰۰۰۰؛

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، میکروتکتونیک، وجود درز و شکاف‌ها برداشت می‌شوند، افراز، 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- رای 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 زیست محیطی 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.

۳-۲-۳ 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- نمونه‌برداری به منظور تعیین خواص فیزیکی (تخلخل، چگالی، جذب آب، مقاومت یخ‌زدگی)، مکانیکی (مقاومت فشاری تک‌محوری، کشش و سایش)، شیمیایی (تجزیه شیمیایی کامل) سنگشناسی (بافت، ساخت و کانی شناسی)؛
- ه- حفاری و مغزه‌گیری (در صورت نیاز)؛
- و- بررسی سطح آب زیرزمینی؛
- ز- در صورتی که طی مطالعات بخشی از محدوده مناسب تشخیص داده شد، می‌بایست چندکوپ به صورت آزمایشی استخراج و برای تهیه پلاک‌های استاندارد و بررسی سطح صیقلی سنگ از نظر زیبایی و مقاومت به سن‌گیری 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 رده‌بندی ذخایر معدنی؛
- ل- انجام مطالعات پیش‌امکان‌سنجی؛
- م- جمع‌بندی و تدوین گزارش؛
- ن- تعیین بخش‌ها و بلوک‌های مستعد برای انجام مطالعات اکتشاف تفصیلی؛
- س- ارایه برنامه عملیات مرحله اکتشاف تفصیلی.

۳-۲-۴ اکتشاف تفصیلی

اقدامات مرحله اکتشاف تفصیلی به شرح زیر است:

- الف- بررسی مطالعات پیشین (مراحل شناسایی، پی‌جویی و اکتشاف عمومی)؛

ب- تهیه نقشه توپوگرافی و زمین‌شناسی بزرگ مقیاس از محدوده گسترش بلوک معدنی مورد نظر به مقیاس ۱:۱۰۰۰ یا ۱:۲۰۰۰ با منحنی میزان‌های 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 لایه‌ها در نقاط مختلف؛

- گسل‌ها، شیب و میزان جابجایی آنها؛

- امتداد و موقعیت محور چین‌ها و مشخصات هندسی آنها؛

- شکستگی‌ها و درز و شکاف‌های اصلی؛

- تهیه مقاطع زمین‌شناسی معدنی، در جهات عرضی و طولی، به منظور نمایش موقعیت زمین‌شناسی بلوک معدنی در بعد سوم؛

ج- باز کردن جبهه کار آزمایشی؛

د- تهیه یک یا چند کوپ از جبهه کار آزمایشی احداث شده، از بخش‌های مورد نظر و تهیه پلاک‌های استاندارد ارزیابی؛

ه- حفاری مغزه‌گیری به تعداد یک یا چند حلقه چاه؛

و- نمونه‌برداری به منظور تعیین خواص فیزیکی، مکانیکی، شیمیایی و کانی‌شناسی؛

ز- آزمون‌های تکنولوژیکی شامل:

- آزمون سایش؛

- آزمون صیقل‌خوردن؛

- 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 زیست محیطی؛

ک- انجام مطالعات بازاریابی صنعتی؛

ل- تخمین ذخیره معدنی در رده‌های متفاوت؛

م- مطالعات امکان‌سنجی؛

ن- ارائه گزارش نهایی.

۴ ضوابط تهیه طرح استخراج

۱-۴ 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.

۲-۴ 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 زمین ریخت شناسی با مقیاس ۱:۲۰۰۰.

۳-۴ طراحی معدن سنگ تزئینی و نما

۱-۳-۴ 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 امکان پذیر 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.

۲-۳-۴ 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 منبسط شونده؛
- ب- استفاده از ماشین‌های برش مانند سیم برش و انواع سنگ‌برها.

۳-۳-۴ ضوابط تهیه طرح پیش‌باطله برداری و آماده سازی

طرح پیش‌باطله برداری و آماده سازی شامل دو مرحله ایجاد یک سطح مسطح فوقانی و سپس احداث پله-های 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 باطله-برداری 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 پیش باطله برداری 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.

۴-۳-۴ 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 حتی المقدور 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.

۴-۳-۵ شکل و ابعاد بلوک‌های استخراجی

بلوک استخراجی در حالت ایده آل 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.

۴-۴ 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 توجه‌پذیری اقتصادی و نوع مصرف، انتخاب می‌شود.

۴-۴-۱ انتخاب تجهیزات

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

- نوع سنگ و مشخصات کانسار؛
 - سرمایه گذاری اولیه؛
 - انعطاف پذیری در امکان به کارگیری تجهیزات؛
 - سهولت در جابه جایی تجهیزات؛
 - میزان نیاز به نیروی ماهر؛
 - میزان مصرف انرژی؛
 - هزینه‌های عملیاتی؛
 - امکان تهیه تجهیزات، ماشین آلات، ابزار و قطعات مصرفی آن‌ها.
- برای انتخاب روش برش و تجهیزات لازم می‌توان از جدول ۱ استفاده کرد.

جدول 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	مالات 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 کم ✓ هیچ --										
خیلی زیاد ✓✓✓✓✓ زیاد ✓✓✓✓✓ نسبتاً زیاد ✓✓✓✓ متوسط ✓✓✓										

۴-۴-۲ 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، کانتین، 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.

۵ چرخه عملیات استخراج سنگ‌های تزئینی و نما

۱-۵-۱ آشنایی

فرآیند استخراج سنگ‌های تزئینی و نما عبارتند از:

- برش قطعات بزرگ سنگ به شکل بلوک سنگی از زمین یا ایجاد برش‌های اولیه؛
- جداکردن و واژگونی بلوک سنگ بریده‌شده؛
- تقسیم بلوک‌ها به قطعات کوچک و قابل حمل یا قواره‌کردن بلوک سنگ؛
- جابجایی و حمل و نقل.

۲-۵ 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 اولیه‌ی کسری برش‌های قائم و افقی ایجاد می‌شود. برای ایجاد برش اولیه روش‌های متفاوتی به شرح زیر وجود دارند:

الف- برش‌های مبتنی بر چال‌زنی

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

ب- برش با سنگ‌برها

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

ج- برش با سیم

- سیم برش فولادی؛
- سیم برش الماسه.

۱-۲-۵ برش‌های مبتنی بر چال‌زنی

در این روش یا با حفر چال‌های همپوش موازی یک برش اولیه ایجاد می‌شود و یا از ابزارها و روش‌های مکمل برای چال‌زنی 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 منبسط‌شونده.

الف - برش با چال زنی 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 آهنکی یک سوم تا دو سوم و در مرمرها دوسوم ارتفاع بلوک در نظر می‌گیرند.

- عمق چال حفر شده، باید بیش تر 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 شکاف دهنده 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 ضربه زنی به صورت یک در میان روی گوه تا شکافتن سنگ ادامه می‌یابد. در جدول ۲

مثال‌هایی از اندازه گوه‌های مختلف ذکر شده که موارد مصرف آن‌ها به عمق چال بستگی دارد.

دوم- شیوه ضربه‌زنی دستگاهی 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.

جدول ۲- مشخصات چال در شیوه دستی با پارس و گوه

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

۵-۲-۲ برش با سنگ‌برها

- این ماشین‌ها صفحات مشخصی از سنگ را به طور 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 براساس 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، شیاری 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 آماده سازی معدن؛
 - کاربری مناسب برای برش سطح پستی بلوک‌ها.

ب- سنگ برهای دارای صفحه برش

این دستگاه صفحه‌ای دارد که با موتور برقی یا دیزلی کار می‌کند و با یک بار 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.

۵-۲-۳ 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 آن را 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 به همراه 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 الماس دار 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 به‌گونه‌ای 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 نسبتاً 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 الماس نشان 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 میلی-متر و قطر سیم ۵ میلی-متر است. از سگمنت‌ها و سیم‌های با قطر کم‌تر معمولا در مراحل پایانی برش‌های دشوار، خصوصا برای گرانیت 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 تقریبا هر ۷ تا ۱۰ متر مربع بر متر سیم باید کابل را بازسازی کرد. معمولا سیم‌های الماسه‌ای که برای برش سنگ‌های نرم به کار می‌روند از نوع فنردار هستند.

برش سنگ‌های سخت و گرانیتهای با سیم برش: معمولا سیم‌هایی که برای برش سنگ‌های گرانیتهای به کار می‌روند، سگمنت‌های الماس اندود دارند و برای برش گرانیتهای در هر متر سیم ۳۳ تا ۴۰ سگمنت قرار می‌گیرد. سرعت برش معمولا در حدود ۲ تا ۵ مترمربع بر ساعت و عمر کابل سیم ۳ تا ۷ مترمربع بر مترسیم است. مخلوط آب خنک کننده و تراشه‌های گرانیتهای به فنرها و فاصله سگمنت‌ها و سیم نفوذ می‌کند و به دلیل سایندگی بیشتر گرانیتهای نسبت به مرم کابل فولادی رفته رفته 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 گرانیتهای به کار می‌روند،

چرخش سگمنت‌ها به دور کابل امکان ندارد. این امر منجر به خوردگی غیر یکنواخت سگمنت‌ها و عدم کارآیی سیم می‌شود. برای غلبه بر این مشکل، سیم را به ازای هر متر از طول آن یک یا دو بار دور محور 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 ترتیبی بچرخند که پیرامون آنها به طور 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 گره خوردگی 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 مجددا محل اتصال را قطع کرد و سپس با قطع کمی سیم از هر دو طرف، مجددا 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 متر مربع برش در سیم‌های الماسه‌ای که فاصله سگمنت‌هایشان با فنر پرشده 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 معمولا با سیم باریک‌تری انجام می‌دهند .توصیه می‌شود در انتهای برش که حدود ۲ متر به پایان کار مانده است، حتما 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 کاملا 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 کم تری 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 ای 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 آب دهی 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.

۳-۵ 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 منبسط شونده؛

- استفاده از جک‌های هیدرولیک؛

- استفاده از تجهیزات جابه‌جایی در معدن.

۱-۳-۵ استفاده از بالشتک‌های منبسط شونده

بالشتک‌های منبسط شونده 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 میلی- متر 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 150×150 سانتی‌متر مربع است. استفاده از این نوع بالشک‌ها باعث تغییر شکل آنها می‌شود و معمولاً یکبار مصرف‌اند. آن‌ها البته در مواردی می‌توان ظرف چند دقیقه عرض این بالشک‌ها در راس را به حداقل ذکر شده رسانده و سپس آب بالشک‌ها را تخلیه کرد و آن‌ها را از شکاف خارج ساخت. سپس عملیات جدایش را با جک هیدرولیکی ادامه داد. به این ترتیب می‌توان بالشک‌های هیدرولیکی را به دفعات مورد استفاده قرار داد.

ب- بالشک‌های لاستیکی- هوای فشرده

این بالشک‌ها 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 بالشک را پر کند. فشار انبساط در این روش بین ۳ تا ۴ اتمسفر و میزان جدایش ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر است. این بالشک‌ها تا ۳ متر طول و ۶ تا ۸ میلی‌متر ضخامت دارند بر خلاف کیسه‌های فلزی، کیسه‌های PVC را می‌توان بارها مورد استفاده قرار داد. در بکارگیری بالشک‌های 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 بالشک در راس آن از حدود مجاز ذکر شده بیش‌تر شود.

- به همراه بالشک‌ها جدولی عرضه می‌شود که در آن برای جابه‌جایی بلوک‌هایی سنگی با ابعاد مشخص، تعداد و نوع بالشک‌های مورد نیاز ذکر شده است.

۵-۳-۲ 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 بالشک‌ها 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 بالشک‌هایی بین پله و جبهه کار قرار می‌دهند تا در مرحله بعدی به عنوان تکیه‌گاه پیستون عمل کنند.

۵-۳-۳ استفاده از تجهیزات جابه‌جایی در معدن

در معدنی 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 ماشین آلات، نیاز به ایجاد فضای کمی به وسیله بالشتک‌ها است. در نتیجه از تعداد بالشتک‌های کم‌تری استفاده می‌شود. حالت‌های مختلفی از به کارگیری 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 منبسط شونده و اعمال فشار روبه جلو 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.

۴-۵ قواره‌بندی بلوک‌ها

برش بلوک سنگ در اندازه‌های تجاری (این اندازه‌ها $۱٫۲ \times ۱٫۵ \times ۱٫۵$ ، $۱٫۵ \times ۱٫۵ \times ۱٫۵$ و $۱٫۵ \times ۱٫۵ \times ۲$ 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.

۱-۴-۵ 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.

۵-۴-۲ 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 حیطه‌کاری 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.

۵-۴-۳ 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 منبسط‌شونده، یا روش پارس و گوه استفاده کرد.

۵-۵ 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.

ماشین‌آلات یاد شده علاوه بر جابجایی‌های مختلف، کاربردهای دیگری نیز دارند که در جدول ۳ آمده است:

جدول ۳- کاربرد ماشین‌آلات 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 جابه‌جایی ضایعات	✓✓✓	✓	✓	✓✓✓	--
باز کردن و نگهداری جاده‌های دسترسی	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	--	--
واژگون کردن پله‌ها یا قواره‌ها (مستقیم یا به کمک کابل)	✓✓✓	✓✓✓	✓✓	--	--
جابه‌جایی بلوک‌ها (بارگیری، تخلیه، جای‌گذاری و حمل و نقل)	✓✓✓	✓	✓✓	--	✓✓✓
جابه‌جایی 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 می‌تواند آن کار را به‌طور موثر و کارآمد انجام دهد.
 ✓✓ ماشین به‌قدر کفایت آن کار را انجام می‌دهد.
 ✓ ماشین برای انجام آن کار مناسب نیست ولی می‌تواند انجام دهد.
 -- ماشین نمی‌تواند آن کار را انجام دهد.

۶ برش سنگ

۱-۶ 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 سخت بر تقسیم می‌کنند.

۱-۱-۶ 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.

– اره 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.

– اره سخت‌بر

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

ب- برش یا 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 درصد از قطر تیغه‌ها می‌تواند در عمق برش قرار گیرد لذا با افزایش ابعاد برش باید قطر دیسک‌ها تا چند برابر افزایش یابد و به دلیل محدودیت این امر، این ماشین قله بر 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 همین طور 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، انعطاف پذیری 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 خنک کننده 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 ۴- 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

۲-۱-۶ ملاحظات فنی و ایمنی برش بلوک‌های سنگی

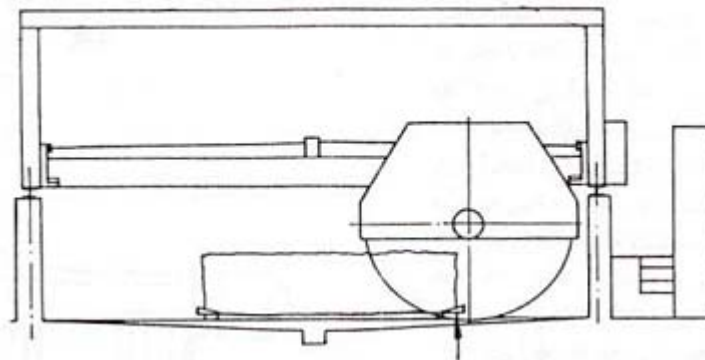
در هنگام استفاده از ماشین‌آلات سنگ‌بری، رعایت نکات ایمنی به منظور جلوگیری از بروز حوادث و سوانح ناشی از کار، از جمله شرایط ایمنی دستگاه‌های آموزش صحیح نیروی انسانی، نقش تعیین کننده‌ای دارند. آشنایی با مشکلات و عوامل سانحه‌ساز در زیر به صورت مختصر آمده است.

- 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.

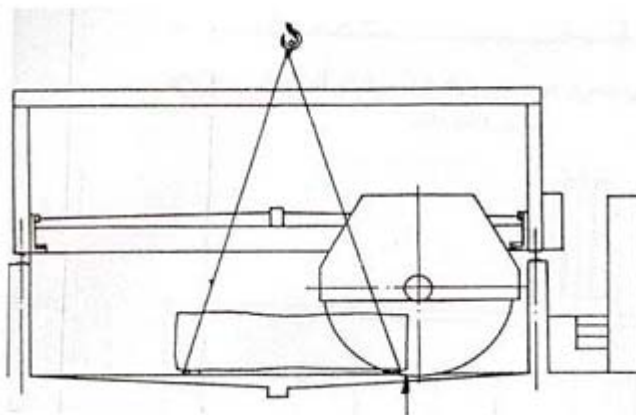
علاوه بر آن بلوک‌های برش خورده منبع خطر بزرگی برای اپراتور و ماشین‌های برش محسوب می‌شوند.

- 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 باریک‌های 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، گوه گذاری در زیر بلوک سنگ است. برای اجتناب از اره شدن مکرر گوه‌ها برای هر برش یک جفت گوه استفاده می‌شود.



شکل ۱- گوه‌های مورد استفاده برای برش بلوک سنگ



شکل ۲ - منتهی بودن کار گوه گذاری در زمانی که ردیف کردن بلوک‌ها با کابل انجام می‌شود



شکل 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 گیرکردن تیغ ااره به ماشین‌برش صدمه می‌زند. یکی از متداول‌ترین روش‌های زیرسازی گچ‌کاری است.

۲-۶ 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 پهنا ی یکسان در می‌آورند. در مرحله برش عرضی سنگ، پلاک‌های ساب داده شده را به عرض مورد نظر 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 صورتیکه روش تک‌دیسک ظرفیت تولید بالاتری دارد.

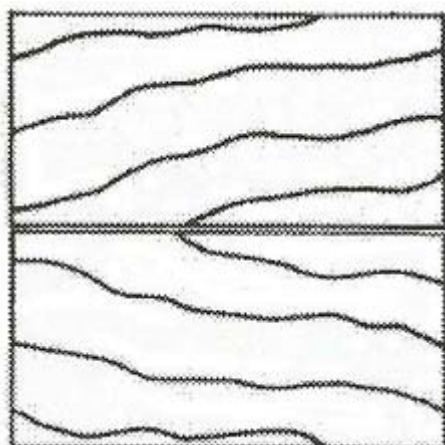
در مرحله برش طولی و عرضی سنگ باید نکات فنی زیر مورد توجه قرار گیرند: سرعت پیشروی دیسک‌های برش به عواملی نظیر سرعت چرخش دیسک حول محور مرکزی خود، سختی سنگ و نوع سگمنت‌های دیسک بستگی دارد که باید با توجه به این عوامل سرعت بهینه تعیین شود. در هنگام برش، پلاک‌ها باید کاملاً ثابت و کوچک‌ترین حرکتی نداشته باشند. 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.

۳-۶ 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 زیرارایه 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.

۱-۳-۶ الگوی پهلو به پهلو

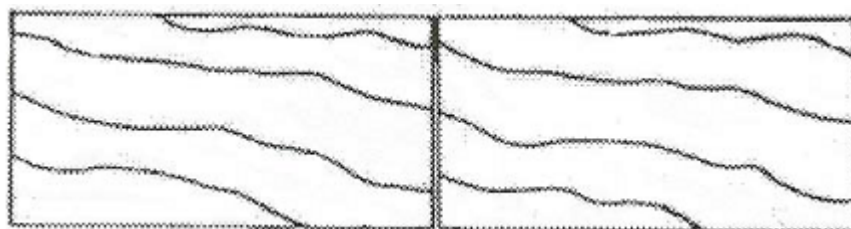
پلاک‌های بریده شده از یک بلوک را پهلو به پهلو در کنار یکدیگر قرار داده و یک الگوی تکراری را در منظر افقی ایجاد می‌کنند (شکل ۴).



شکل ۴- الگوی پهلو به پهلو

۲-۳-۶ الگوی انتها به انتها

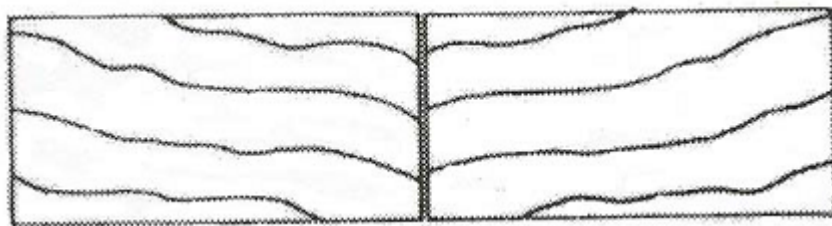
پلاک‌های بریده شده از یک بلوک به صورت انتها به انتها، طوری قرار می‌گیرند که در منظر قائم یک الگوی تکراری را فراهم می‌کنند (شکل ۵).



شکل ۵- الگوی انتها به انتها

۳-۳-۶ 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).



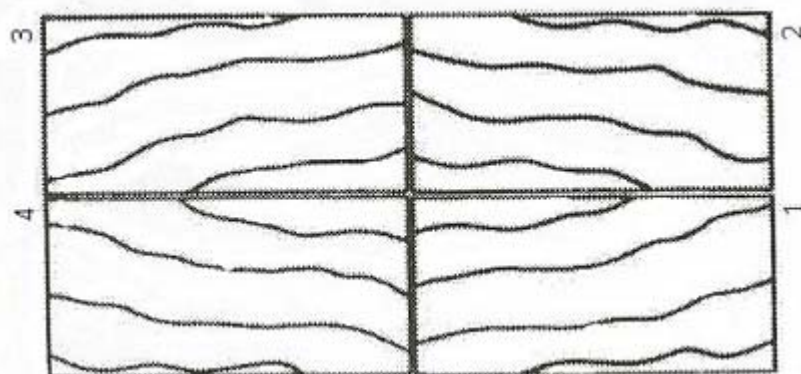
شکل ۶- الگوی جورشدگی انتهایی

۴-۳-۶ الگوی جورشدگی کتابی

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

۵-۳-۶ الگوی جورشدگی چهارتایی یا الماسی

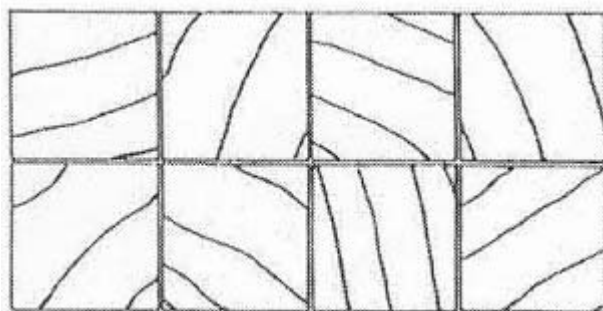
پلاک‌های برش‌خورده از یک بلوک به صورت کتابی در کنار هم به نحوی جور می‌شوند که جورشدگی الماسی از خودشان می‌دهند (شکل ۷).



شکل ۷- الگوی جورشدگی چهارتایی یا الماسی

۶-۳-۶ الگوی مختلط

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



شکل ۸ - الگوی مختلط

۷ ساب، صیقل و پرداخت سنگ

۱-۷ 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.

۱-۱-۷ ساب نواری پیوسته

ساب نواری برای ساییدن و یکسان سازی 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.

۲-۱-۷ 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 ساینده 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.

۷-۱-۳ 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 لقمه-های 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 دسته بندی 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 خش 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 لقمه-های 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 سیلیسیوم 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.

۲-۷ مرحله پرداخت نهایی سنگ

۱-۲-۷ لبه زنی

پس از صیقل دادن و کالیبره کردن 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 لبه زنی مناسب، از دستگاه‌های لبه زنی برای تولید لبه‌های گرد و نیمه‌گرد و برش‌های اریب استفاده می‌شود.



شکل ۹- انواع لبه های متداول در لبه زنی

۲-۲-۷ تیشه زنی

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

۳-۲-۷ ماسه زنی

عملیات ماسه زنی با استفاده از جریان پر فشار آب و ماسه بر سطح ورق سنگ انجام می‌شود. ماشین ماسه زنی 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.

۴-۲-۷ شیار زنی

سنگ‌ها را به سه منظور شیارزنی می‌کنند:

زیبایی، بعضی از سنگ‌ها بعد از ایجاد شیارهایی 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.

۷-۲-۵ 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 درصد وزن پودر پرداخت را رنگ تشکیل می‌دهد.

۷-۲-۶ استفاده از رزین و واکس

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

۷-۳ مرحله شستشو

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

۷-۴ 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.

۷-۴-۱ 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.

۷-۴-۲ کارهای ویژه بر روی ورق‌های ضخیم سنگ

ضخامت ورق‌های ضخیم سنگ، از ۸ سانتی‌متر بیش تر 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.

۷-۴-۳ 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.

۷-۴-۴ 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.

۸ بهبود کیفیت سنگ‌های تزئینی و نما

۸-۱ 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 سن‌گیری؛

- نحوه استخراج، برش، ساب و صیقل سنگ؛

- عامل انسانی؛

- دقت در انتخاب و نصب سنگ؛

- کنترل کیفیت.

۸-۲ روش‌های بهبود کیفیت سنگ

۸-۲-۱ رنگ آمیزی سنگ

روش‌های مختلفی برای رنگ آمیزی سنگ‌ها وجود دارد. در مورد بعضی از سنگ‌ها، به ویژه سنگ‌های سیاه، سبز و قرمز می‌توان از واکنش‌های 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 رنگ آمیزی سنگ، بتونه کاری با بتونه های رنگی است. بدین ترتیب که به هنگام بتونه کاری، از بتونه ای با رنگ مشخص استفاده می کنند و بعد از ساب و صیقل، رنگ بتونه با سنگ ترکیب رنگی ایجاد می کند.

در مرحله ساب و صیقل نیز می توان از پودرهای رنگی استفاده کرد که تا حدودی می توانند رنگ سنگ را تغییر دهند. در این روش اگر پودری که استفاده می شود رنگ به خصوصی داشته باشد، علاوه بر ساب و صیقل، رنگ سنگ را نیز عوض می کند.

در روش های جدید رنگ آمیزی سنگ را تحت فشار قرار می دهند تا رنگ در داخل بافت سنگ نفوذ کند و بدین ترتیب سنگ رنگ جالبی به خود می گیرد که بسیار طبیعی نیز به نظر می رسد. برای رنگ آمیزی سنگ از حوضچه های رنگ نیز استفاده می کنند،

بدین ترتیب که سنگ را به مدت زیادی داخل این حوضچه های رنگ قرار می دهند تا رنگ را به خود بگیرد.

۸-۲-۲ بتونه کاری

بتونه کاری معمولا روی سنگ تراورتن انجام می شود و سنگ های دیگر را به ندرت بتونه کاری می کنند. بتونه کاری تراورتن به سلیقه، جلوه مورد نظر و کاربرد سنگ بستگی دارد. مواد مورد استفاده در بتونه کاری تراورتن، شامل سیمان هیدرولیکی، اپوکسی و رزین ها هستند.

۸-۲-۳ تقویت کننده ها

برای تقویت سنگ و جلوگیری از شکسته شدن سنگ در هنگام فرآوری و بعد از نصب، از تقویت کننده ها استفاده می شود.

تقویت کننده ها معمولا عملکرد خوبی دارند و به کمک آنها می توان سنگ هایی را که فرآوری آنها هزینه بالایی دارد، به چرخه تولید وارد کرد. با استفاده از چسب های تقویت کننده و با در نظر گرفتن نوع سنگ، میزان ترک ها و شیارهای آن می توان سنگ را تقویت، خلل و فرج و شیارهای آن را پر کرد و از باز شدن ترک ها و شیارهای طبیعی سنگ به هنگام فرآوری در زمان نصب و استفاده از سنگ جلوگیری کرد. نوعی از این چسب ها دو جزیی هست ند و بر پایه رزین های اپوکسی طراحی و ساخته شده اند در صورت استفاده از رنگ در این چسب ها، رنگ شیارهای پر شده تحت تاثیر رنگ چسب قرار می گیرند.

۸-۲-۴ پوشش ها

پوشش ها معمولا از انواع اکریلیک، اورتان، یورتن ها (نوعی فوم)، اپوکسی، روغن های جلا و لاک ها هستند و برای پوشش سنگ کف به کار می روند و سنگ را در برابر سایش مقاوم می کنند.

۹ کنترل کیفیت، بسته بندی و انبار

۹-۱ 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.

۲-۹ 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.