

بخش سوم

# آتشکاری

### روش‌ها و مراحل آتشکاری

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل هنرجو باید بتواند:

- ۱- با مراحل آتشکاری آشنا شود.
- ۲- ابزارهای آتشکاری را بیان کند.
- ۳- مواد لازم برای انفجار خرج ته چال را نام ببرد.
- ۴- انواع فتیله اطمینان را ذکر کند.
- ۵- مراحل آتشکاری با فتیله اطمینان و چاشنی معمولی را شرح دهد.
- ۶- موارد ایمنی حین کار با فتیله اطمینان را بیان کند.
- ۷- هر کدام از وسایل آتش‌زن فتیله اطمینان را بشناسد و نحوه کار آن را توضیح دهد.
- ۸- انواع آتشکاری با فتیله اطمینان را نام ببرد و شرح دهد.
- ۹- آتشکاری با فتیله انفجاری و مراحل آن را شرح دهد.
- ۱۰- آتشکاری تأخیری با فتیله انفجاری را شرح دهد.
- ۱۱- احتیاط‌های لازم در کاربرد فتیله انفجاری را شرح دهد.
- ۱۲- مزایا و معایب فتیله انفجاری را شرح دهد.
- ۱۳- آتشکاری با چاشنی برقی را شرح دهد.
- ۱۴- ساختمان داخلی چاشنی برقی را شرح دهد.
- ۱۵- انواع چاشنی برقی را برحسب زمان انفجار نام ببرد.
- ۱۶- مراحل آتشکاری با چاشنی برقی شرح دهد.
- ۱۷- انواع روش به هم بستن چاشنی‌ها را نام ببرد.
- ۱۸- با عیب‌یابی مدار انفجار آشنایی پیدا کند.
- ۱۹- با سیم آتش و ماشین آتش‌کن آشنا شود.
- ۲۰- مزایا و معایب آتشکاری برقی را شناسایی کند.
- ۲۱- سیستم آتشکاری با نانل را شرح دهد.

آتشکاری به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که در نهایت به انفجار و خرد شدن سنگ‌ها می‌انجامد. عملیات آتشکاری باید به وسیله افرادی که به این امور آشنایی دارند و دارای مدارک معتبر هستند، انجام شود لذا انجام این عمل توسط افراد غیرمتخصص اکیداً ممنوع است. آتشکاران باید به تمام مقررات ایمنی آتشکاری آگاهی کامل داشته و عمل نمایند و از عهده امتحانات مربوطه برآمده باشند.

## ۷-۱- ابزارهای آتشکاری

قبل از آغاز این فصل و فصل‌های بعدی کتاب، مختصری درباره تعدادی از ابزارهای آتشکاری را شرح می‌دهیم. این ابزارها به مقدار وسیعی در عملیات آتشکاری مورد استفاده قرار می‌گیرند و پیوسته از آنها نام برده می‌شود. آنچه که در این جا تشریح می‌شود، عبارت است از:

سنبله چوبی، درفش و انبردست مخصوص (گازانبر مخصوص)

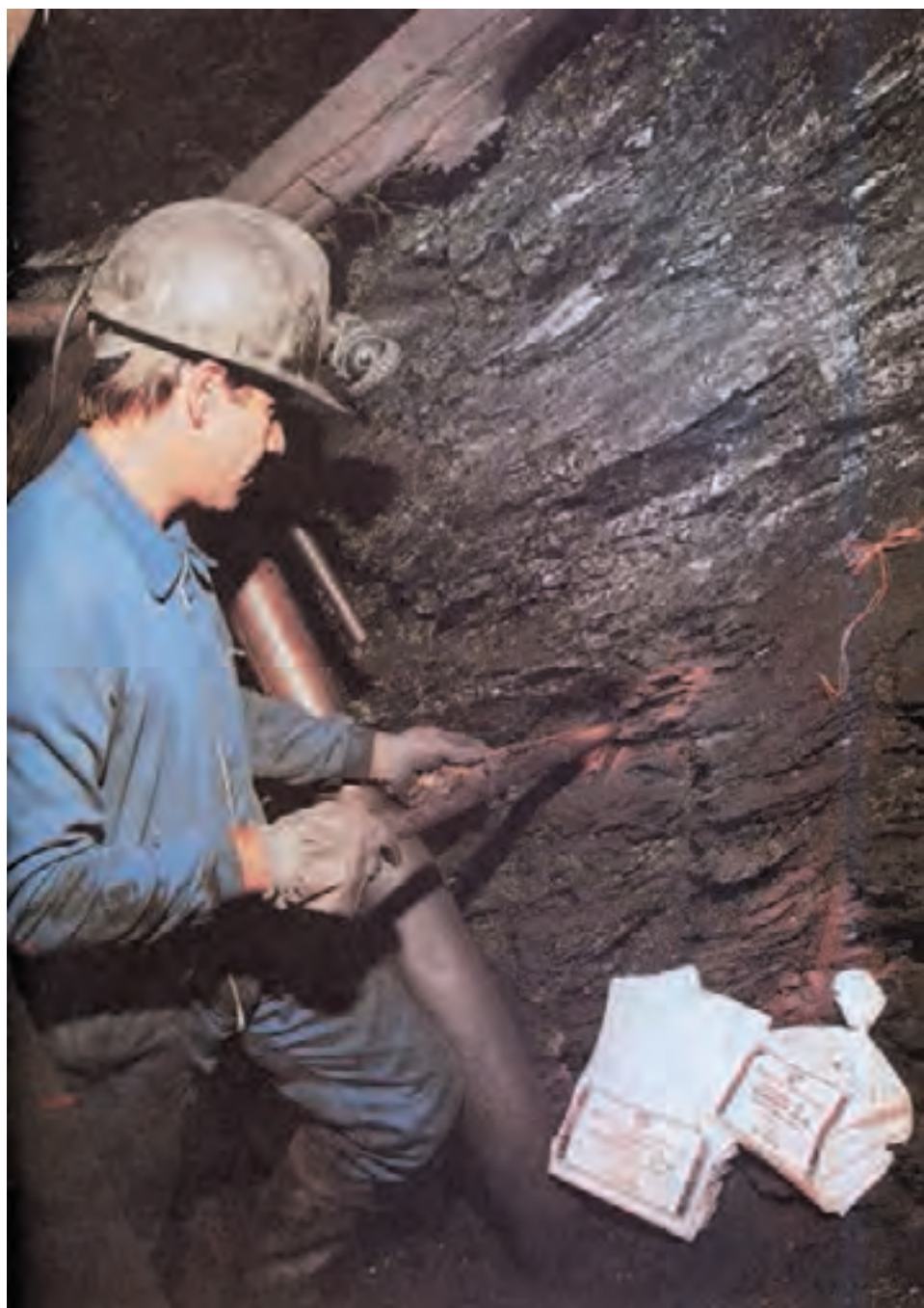
۷-۱-۱- سنبله چوبی: سنبله‌ای است که قطر آن حدود ۳ سانتی‌متر و طول آن ۲ تا ۳ متر است. قطر سنبله چوبی همیشه دست کم یک سانتی‌متر کمتر از قطر چال است. در عملیات آتشکاری یک سر سنبله در دست آتشکار قرار می‌گیرد و سر دیگر آن باید تا ته چال یا نزدیک ته چال برسد؛ زیرا مواد منفجره را به صورت آزاد در چال رها نمی‌کنند بلکه آنها را داخل چال به نحوی فشرده می‌کنند که بخوبی فضای چال را پر کند. برای فشردن مواد منفجره در داخل چال از سنبله چوبی استفاده می‌شود؛ لذا طول سنبله باید همیشه از طول چال بیشتر باشد تا آتشکار بتواند با اطمینان خاطر، خرج ته چال را نیز فشرده کند. در معدن‌های زیرزمینی حمل چوب یا هر جسم طولی با درازای بیش از ۳ متر به دلیل تنگی راهروها و پیچ و خم موجود در آنها، دشوار و در بسیاری موارد غیرممکن است؛ لذا برای چال‌های طولانی‌تر از ۳ متر سنبله‌های تاشو ساخته شده‌اند. سنبله تاشو از چند سنبله که به وسیله حلقه‌های نحی به هم وصل شده‌اند، تشکیل می‌شود. روش اتصال آنها به صورتی است که براحتی روی هم تاشده و قابل حمل به معدن زیرزمینی می‌شوند. وقتی که اولین قطعه در داخل چال قرار می‌گیرد، قطعه بعدی را پشت سر آن وارد چال می‌کنند و روی قطعه اول فشار می‌آورند؛ بدین ترتیب، تمام طول سنبله را وارد چال می‌کنند. در شکل‌های ۷-۱ و ۷-۲ استفاده از سنبله چوبی را در خرج‌گذاری<sup>۱</sup> ملاحظه می‌کنید.

---

۱- خرج‌گذاری: به همه کارهایی گفته می‌شود که شامل قرار دادن ماده منفجره در چال، بستن دهانه چال و انفجار ماده منفجره موجود در چال می‌شود و در فصل هشتم در این مورد کاملاً بحث خواهیم کرد.

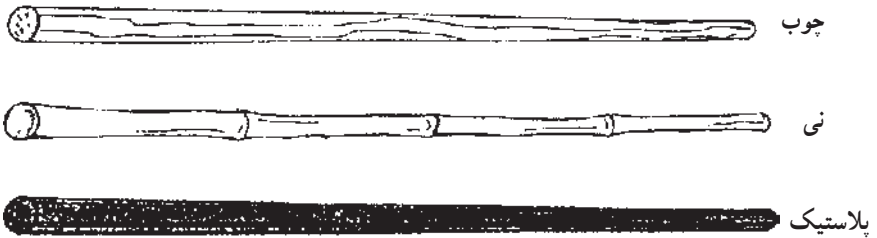


شکل ۱-۷- خرج گذاری با سنبه چوبی در معادن روباز



شکل ۲-۷- خرج گذاری با سنبه چوبی در معادن زیرزمینی

سنبه باید از جنسی ساخته شده باشد که در برخورد با سنگ جرقه ایجاد نکند. سنبه آتشکاری چون نخستین بار از چوب ساخته شده به نام سنبه چوبی معروف است اما می‌توان آن را از چوب، پلاستیک یا چوب نیشکر نیز ساخت. از این پس، هر جا که از سنبه چوبی نام می‌بریم، منظور تنها سنبه‌ای از جنس چوب نیست بلکه نوع پلاستیکی یا انواع دیگر آن نیز می‌تواند باشد. سنبه چوبی باید مستقیم و بدون خمیدگی باشد (شکل ۷-۳).



شکل ۷-۳- انواع سنبه‌ها

در سرتاسر طول سنبه، یک شیار نیم استوانه برای جا دادن فتیله اطمینان یا فتیله انفجاری یا سیم چاشنی برقی وجود دارد تا موقع خرج گذاری و انجام حرکات رفت و آمد سنبه به منظور فشردن خرج، فتیله یا سیم چاشنی برقی آسیب نبیند.

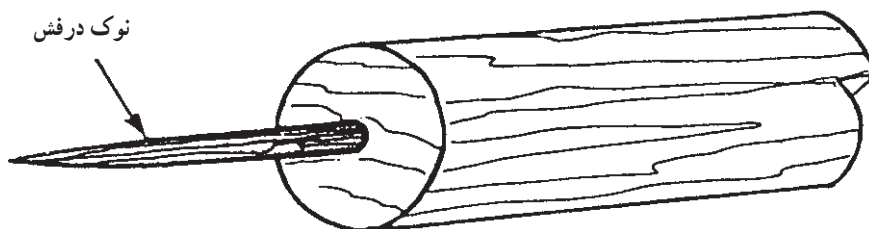
سنبه چوبی برای خرج گذاری مواد منفجره بسته‌بندی شده به کار می‌رود اما در چال‌های سرازیر مثل چال‌های معدن‌های روباز برای فشردن مواد منفجره دانه‌ای شکل مثل آنفو نیز می‌توان از سنبه چوبی استفاده کرد (شکل ۷-۴).



شکل ۷-۴- فشردن آنفو در چال با سنبه چوبی

خرج گذاری با سنبه چوبی در همه جای دنیا رایج است و در ایران نیز کلیه خرج گذاری ها با استفاده از سنبه چوبی صورت می گیرد.

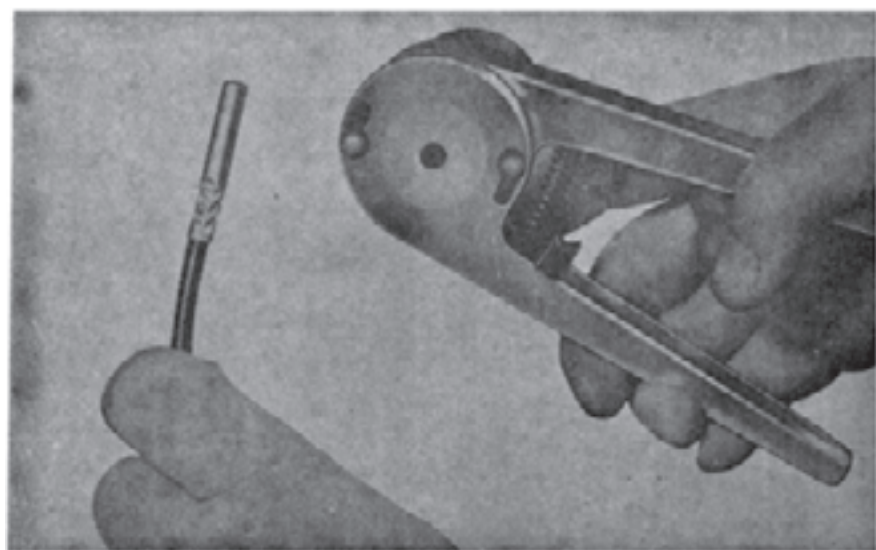
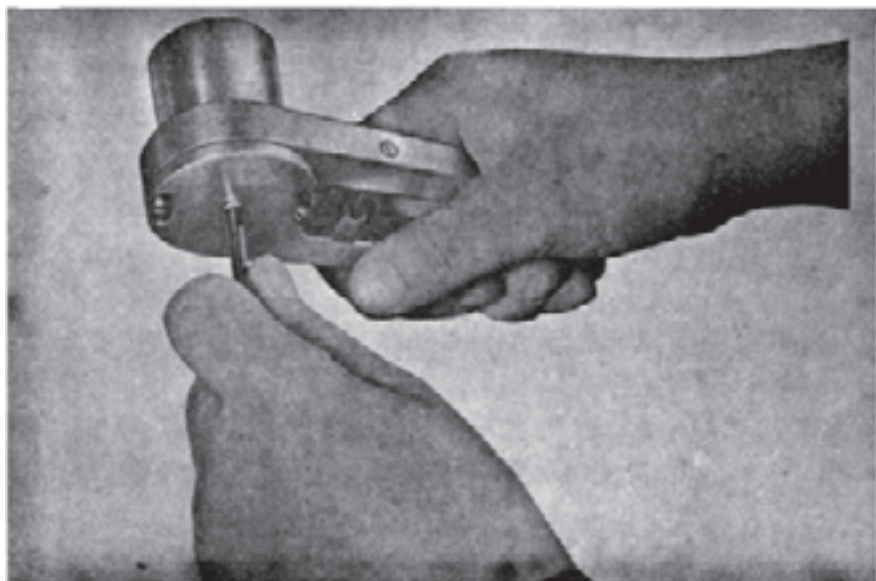
۲-۱-۷- درفش: یکی از مراحل آتشکاری قرار دادن چاشنی در فشنگ ماده منفجره است. برای این کار، باید فشنگ ماده منفجره را سوراخ کرد. برخی از مواد منفجره به گونه ای هستند که چاشنی با فشار دست به راحتی در آنها فرو می رود. در بعضی از مواد منفجره، جای چاشنی در داخل فشنگ تعبیه شده است (شکل ۷-۵). اما در بسیاری موارد به دلیل سختی ماده منفجره لازم است با وسیله ای آن را سوراخ کنند تا چاشنی در آن جا بگیرد. این کار با درفش انجام می شود. نوک درفش تیز و از جنس چوب، مس، برنج، آلومینیوم یا پلاستیک است (شکل ۷-۵).



شکل ۷-۵- درفش برای سوراخ کردن دینامیت

۳-۱-۷- انبردست (گاز انبر): قرار دادن فتیله اطمینان در داخل چاشنی معمولی یکی از مراحل آتشکاری است. قطر فتیله اطمینان از قطر چاشنی کمتر است و به راحتی در داخل چاشنی فرو می رود. برای حفظ استحکام آن لازم است که پوک چاشنی بخوبی فتیله را بگیرد و مانع خروج آن از چاشنی گردد. این کار با گاز انبر مخصوصی صورت می گیرد که نمونه ای از آن را در شکل ۷-۶ مشاهده می کنید. هنگام فشردن باید دقت شود که گاز انبر فقط قسمت خالی چاشنی را فشرده کند. این کار نباید با دندان، چکش، انبردست های معمولی و نظایر آنها صورت گیرد. استفاده از گاز انبر زمانی که انفجار تأخیری با فتیله انفجاری پیش می آید، نیز لازم می شود که مراتب در شکل ۷-۶ توضیح داده شده است. استفاده از گاز انبر در مورد چاشنی برقی ضرورتی ندارد.





شکل ۶-۷- یک نوع گاز انبر مخصوص فشار دادن چاشنی حاوی فتیله اطمینان



## ۷-۲- روش‌های آتشکاری

هدف از کاربرد مواد منفجره در معدن‌ها، به کار گرفتن انرژی آزاد شده حاصل از انفجار برای شکستن سنگ‌هاست تا سنگ از توده اصلی جدا شود و به قطعات قابل حمل تبدیل گردد. اگر ماده ناریه در هوای آزاد منفجر شود، گازهای حاصل بدون انجام دادن کاری، پراکنده می‌شوند اما در عمل برای استفاده از انرژی حاصل از انفجار، سوراخ‌هایی به نام چال داخل سنگ حفر کرده و مواد منفجره را درون آن قرار می‌دهند. این مواد پس از انفجار فشار بسیار زیادی به دیواره چال وارد می‌کنند و سنگ را می‌شکنند. برای تحقق یک انفجار به منظور شکستن سنگ، سلسله اعمال زیر باید انجام شود.

۱- حفر چال

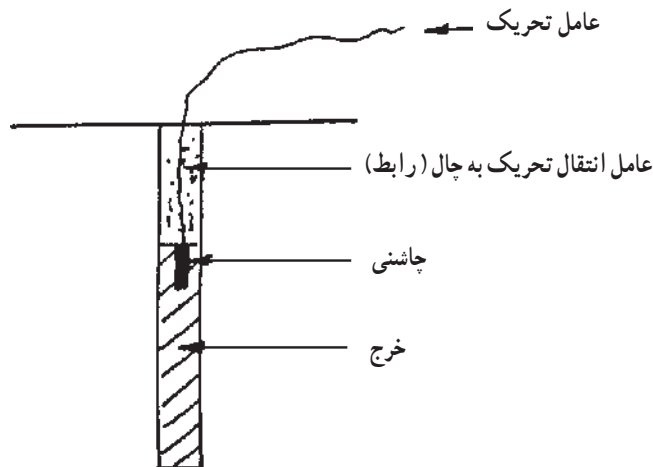
۲- آماده کردن ماده منفجره

۳- خرج گذاری (قرار دادن ماده منفجره در چال)

۴- بستن دهانه چال

۵- انفجار (آتشکاری)

برای این که خرج داخل چال در حالی که دهانه آن به هم بسته شده منفجر گردد، اجزای زیر لازم است (شکل ۷-۷).



شکل ۷-۷- اجزای یک چال خرج گذاری شده

۱- تحریک کننده: که می تواند شعله، ضربه، حرارت و نظایر اینها باشد.

۲- عامل انتقال تحریک به درون چال: که می تواند فتیله اطمینان، چاشنی برقی و امثال آن باشد. این عامل تحریک موجب انفجار چاشنی داخل چال می شود که انفجار آن نیز انفجار خرج اصلی را سبب خواهد شد.

۱-۲-۷- آتشکاری با فتیله اطمینان و چاشنی معمولی: اجزای این روش انفجار را در شکل ۸-۷ مشاهده می کنید. این اجزاء عبارتند از: دینامیت، فتیله اطمینان، گازانبر، درفش و چاشنی. یک سر فتیله اطمینان را داخل چاشنی قرار داده و با انبردست آن را محکم می کنند. این چاشنی به همراه فتیله اطمینان داخل فشنگ دینامیت قرار می گیرد. دینامیت مزبور به همراه سایر دینامیت ها در چال قرار داده می شود. سر دیگر فتیله اطمینان بیرون چال است؛ آن را با شعله آتش می زنند، باروت موجود در فتیله اطمینان بتدریج می سوزد تا به داخل چال و بالاخره به چاشنی برسد. در این هنگام، چاشنی منفجر می شود و خرج موجود در چال را منفجر خواهد کرد که نتیجه آن شکستن سنگ اطراف چال است. اینک به شرح جزئیات آتشکاری با فتیله اطمینان می پردازیم:

هنگامی که یک سر فتیله اطمینان را آتش می زنیم، باروت داخل آن با سرعت معینی شروع به سوختن می کند و در سر دیگر فتیله، باروت سوخته به صورت جرقه به اطراف پخش می شود. یعنی جرقه ها هستند که چاشنی را منفجر می کنند.



شکل ۸-۷- اجزای آتشکاری با فتیله اطمینان شامل : چاشنی، فتیله اطمینان، دینامیت، گاز انبر، سنبه چوبی و درفش

از نکته‌های اساسی و مشخصات ویژه‌ای که برای فتیله اطمینان در نظر می‌گیرند، یکنواخت سوختن آن است. معمولاً هر متر فتیله اطمینان در مدت ۲ دقیقه می‌سوزد. ممکن است زمان سوختن فتیله‌های مختلف که در کارخانجات متفاوت تهیه شده‌اند، با این عدد متفاوت باشند. به هر حال، سرعت سوختن فتیله باید یکسان باشد تا آتشکار بتواند زمان سوختن مقدار معینی از فتیله را حساب کند. این امر از نظر حفاظت آتشکار و رسیدن به پناهگاه بسیار حیاتی است.

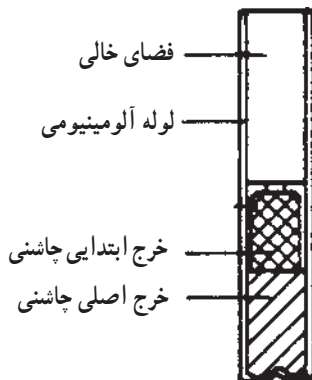
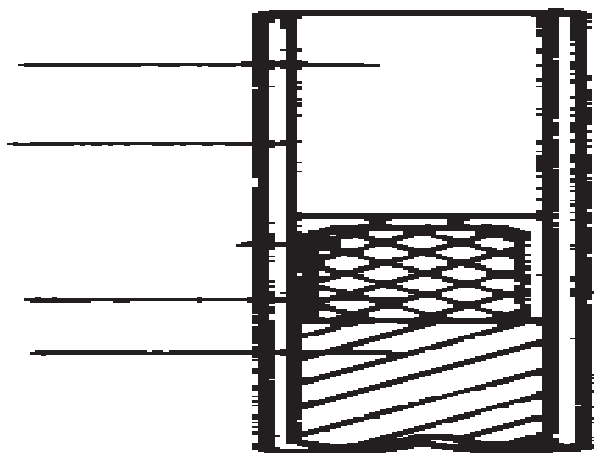
مثال: اگر قرار است ۵ عدد چال را آتش کنند به فرض این که زمان لازم برای آتش زدن هر چال ۸ ثانیه باشد، برای ۵ عدد چال ۴۰ ثانیه وقت لازم است. از طرف دیگر در آغاز کار، اولین چال آتش شده و باروت موجود در فتیله اطمینان با سرعت معینی می‌سوزد. اگر سرعت سوختن باروت ۲ دقیقه در هر متر و طول فتیله اطمینان به کار رفته در اولین چال، یک متر باشد، از لحظه آتش زدن نخستین چال، آتشکار ۲ دقیقه وقت دارد تا خود را به جای امن برساند اما از آن جا که ۴۰ ثانیه صرف آتش زدن چال‌ها می‌شود، آتشکار تنها ۸۰ ثانیه فرصت فرار از محل انفجار را دارد. چنانچه رسیدن به پناهگاه در این مدت میسر باشد مشکلی پیش نمی‌آید ولی اگر زمان بیشتری لازم است، باید طول فتیله اطمینان چال‌ها را بزرگ‌تر گرفت. چنانچه فتیله اطمینان تندتر از زمان مقرر بسوزد، آتشکار فرصت رسیدن به پناهگاه را پیدا نمی‌کند و چه بسا که متحمل صدمه‌ها و ضربه‌های شدید شود. پس لازم است که فتیله اطمینان به طور یکنواخت بسوزد. برای اطمینان از یکنواخت سوختن فتیله، نمونه‌هایی از جعبه محتوای فتیله اطمینان را انتخاب می‌کنیم و آتش می‌زنیم. اختلاف زمان سوختن آنها نباید بیش از ۱۵ درصد باشد؛ در غیر این صورت چنین فتیله‌ای قابل اعتماد نیست و بهتر است از مصرف آن خودداری کنیم.



شکل ۹-۷- بسته‌بندی فتیله اطمینان

فتیله اطمینان را به صورت کلاف‌هایی به طول ۷ تا ۱۰ متر می‌سازند. هرچند کلاف در یک بسته و هر چند بسته در یک صندوق چوبی قرار می‌گیرد. معمولاً در هر صندوق ۲۰۰۰ متر فتیله اطمینان موجود است. بسته‌بندی فتیله اطمینان را در شکل ۹-۷ می‌بینید. فتیله اطمینان در ایران ساخته می‌شود اما به ظاهر تولید داخلی کفاف مصرف معدن‌ها را نمی‌کند و از خارج نیز وارد می‌گردد. فتیله اطمینان به میزان بسیار زیاد در معدن‌های ایران مصرف می‌شود.

۷-۲-۲ چاشنی معمولی: مواد منفجره کندسوز نظیر باروت را می‌توان با فتیله اطمینان منفجر کرد اما سایر مواد منفجره برای انفجار به چاشنی نیاز دارند. یکی از چاشنی‌های رایج، چاشنی معمولی است. چاشنی لوله‌ای مسی یا آلومینیومی به قطر ۳/۶ میلی‌متر و طول ۳۰ تا ۵۰ میلی‌متر است که یک طرف آن بسته شده است. درون چاشنی مقداری ماده منفجره مخصوص و روی ماده منفجره انگشتانه قرار دارد که وسط آن سوراخ است. این سوراخ آتش را از فتیله اطمینان به چاشنی منتقل می‌کند. بخشی از چاشنی خالی است و برای قرار دادن فتیله اطمینان در نظر گرفته شده است (شکل ۱۰-۷).



شکل ۱۰-۷ چاشنی‌های معمولی و ساختمان داخلی آن

چاشنی‌ها را به صورت زیر شماره‌بندی می‌کنند:

۸	۷	۶	۵	۴	۳
۲	۱/۵	۱	۰/۸۰	۰/۶۵	۰/۵۴

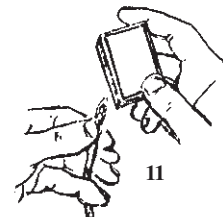
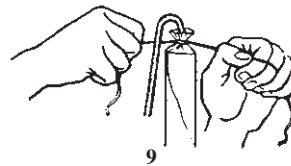
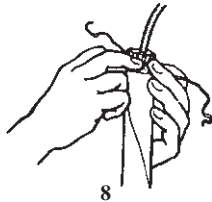
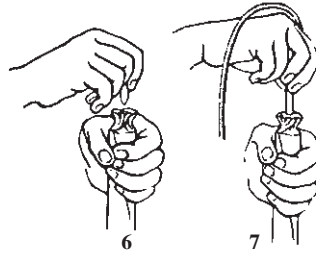
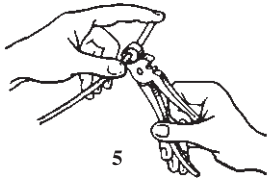
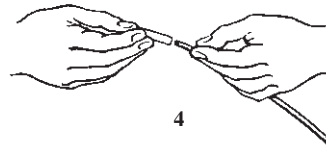
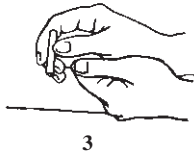
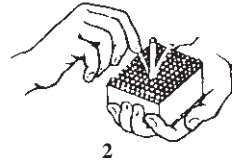
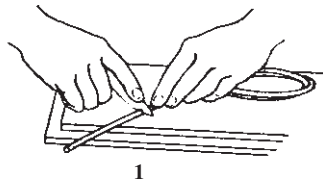
شماره چاشنی

وزن ماده منفجره به گرم

چاشنی‌ها را در قوطی‌های ۱۰۰ عددی و در صندوق‌های ۱۰۰۰۰ تایی بسته‌بندی می‌کنند. صندوق چاشنی‌ها باید با آچار پیچ‌گوشتی باز شود.

۳-۲-۷- مراحل آتشکاری با فتیله اطمینان و چاشنی معمولی: مطابق شکل ۱۱-۷

باید این کارها پشت سر هم و مرحله به مرحله انجام گیرد.



- ۱- فتیله اطمینان را باید با چاقوی تیز به صورت عمودی برید. برای این کار فتیله اطمینان را روی تخته صافی قرار می‌دهند و چند سانتی‌متر از نوک آن را می‌برند.
- ۲- چاشنی را از قوطی خارج می‌کنند.
- ۳- چاشنی را وارونه کرده و ضربه ملایمی با انگشت به آن می‌زنند تا داخل آن تمیز شود. وارد کردن جسم خارجی در چاشنی یا فوت کردن (دمیدن) به درون آن ممنوع است؛ زیرا امکان باقی ماندن بخشی از جسم خارجی یا لطمه دیدن داخل چاشنی یا باقی ماندن آب دهان در درون چاشنی وجود دارد.
- ۴- فتیله را از طرفی که به طور عمودی بریده شده است، درون چاشنی قرار می‌دهند. در این حالت، نباید فتیله را چرخاند بلکه باید آن را با ملایمت وارد چاشنی کرد.
- ۵- بعد از این که فتیله درون چاشنی قرار گرفت، آن را با گازانبری مخصوص به فتیله محکم می‌کنند. اگر جنس لوله چاشنی کاغذی باشد، این عمل را با نوار چسب انجام می‌دهند. شکل ۱۲-۷ روش صحیح به دست گرفتن گازانبر و چاشنی را نشان می‌دهد.



شکل ۱۲-۷- طریقه به دست گرفتن چاشنی و انبردست مخصوص



۶- فشنگ دینامیت را با میله‌ای چوبی، برنجی یا آلومینیومی در محور طولی سوراخ می‌کنند (شکل ۷-۱۳). عمق سوراخ باید کمی بیش از طول چاشنی باشد تا تمام چاشنی در دینامیت جا بگیرد.

۷- چاشنی را وارد سوراخ فشنگ می‌کنند. وضعیت چاشنی در فشنگ باید مطابق شکل ۷-۱۳ باشد.



شکل ۷-۱۳- سوراخ کردن دینامیت با درفش

۸ و ۹- گلوی فشنگ را با نخ محکم می‌بندند تا مانع خروج چاشنی از درون فشنگ دینامیت بشود.

۱۰- انتهای دیگر فتیله را با چاقوی تیز و به صورت مایل می‌برند تا سطح وسیعی از مغز فتیله که باروت است، پدیدار شود و امکان آتش زدن آن بیشتر شود.

۱۱- آن طرف از فتیله اطمینان که مایل بریده شده با شعله، آتش می‌گیرد. فتیله با سرعت ثابتی شروع به سوختن می‌کند و از سر دیگر آن که داخل چاشنی قرار گرفته است، یک رگبار جرقه خارج می‌شود که برای منفجر کردن چاشنی کافی است. انفجار چاشنی موجب انفجار دینامیت خواهد شد.

۲-۷- احتیاط‌های لازم در کاربرد فتیله اطمینان:

۱- انبار فتیله اطمینان باید خشک باشد و همواره تهویه شود؛ زیرا وجود رطوبت در هر نقطه موجب خاموش شدن فتیله در آن نقطه می‌شود. فتیله‌ای که رطوبت کشیده حتی اگر خشک شود، برای استفاده دوباره قابل اطمینان نیست. هوای خیلی سرد موجب شکننده شدن فتیله می‌شود و در هوای خیلی گرم، پوشش فتیله ذوب می‌شود و جدار آن خاصیت نفوذناپذیری خود را از دست می‌دهد. این امر موجب خارج شدن دانه‌های باروت از فتیله یا نم کشیدن آن می‌شود که در هر دو حالت قطع آتش را به همراه دارد.

۲- فتیله اطمینان را از هرگونه تماس با روغن، نفت و گریس باید دور نگه داشت؛ زیرا این مواد جدار فتیله را حل می‌کند و وارد باروت می‌شود.

۳- فتیله را برای مدت طولانی نباید در معرض آفتاب قرار داد؛ زیرا که ممکن است سرعت سوختن آن زیاد شود.

۴- برای محکم کردن فتیله در چاشنی نباید از دندان یا وسایلی غیر از گازانبر مخصوص استفاده کرد.

۵- فشنگ چاشنی دار را باید با احتیاط داخل چال قرار داد و با ملایمت به کمک سنبه چوبی داخل چال جابجا کرد. در حین عمل باید مطمئن شویم که چاشنی از دینامیت خارج نشده است (شکل ۱۴-۷).

۶- به کاربردن فتیله اطمینان در معدن‌های دارای گرد یا گاز زغال‌سنگ ممنوع است.

۷- فتیله‌ای که از چال بیرون است، نباید گره زده شود.

۸- فتیله آسیب دیده را نباید به کار برد.



شکل ۱۴-۷

۵-۲-۷- وسایل آتش زدن فتیله اطمینان: فتیله اطمینان با شعله آتش می گیرد. شعله مورد نیاز را می توان از سوختن کبریت، آتش فندک، شعله چراغ کاربیتی معدن ها یا هر شعله در دسترس دیگری تأمین کرد. علاوه بر اینها از وسایل زیر نیز می توان برای آتش زدن فتیله اطمینان بهره برد.

الف - آتش زنه برقی

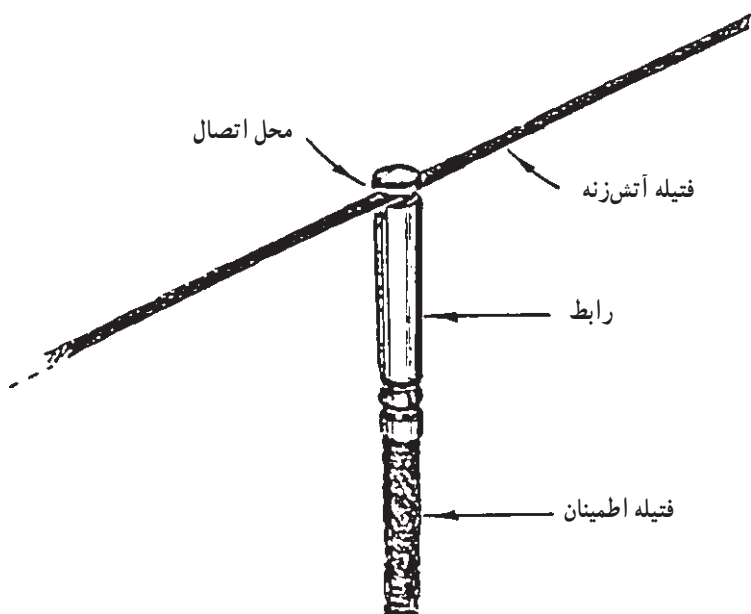
ب - فتیله آتش زنه

نظر به این که رفته رفته سایر روش های آتشکاری جای فتیله اطمینان را می گیرند و لوازم

مزبور نیز تاکنون در ایران مورد استفاده قرار نگرفته‌اند، شرح مختصری درباره آنها خواهیم داد. هم‌اکنون در ایران با این که گفتیم آتشکاری با فتیله اطمینان به میزان بسیار وسیعی انجام می‌گیرد اما استفاده از فتیله انفجاری و چاشنی برقی نیز روز بروز رونق بیشتری می‌یابد. این به معنی کم شدن کاربرد فتیله اطمینان است.

**الف- آتش‌زنه برقی:** پوکه‌ای فلزی که بخشی از آن خالی است و در بخش دیگر آن مقاومت الکتریکی و مقداری خرج آتش‌زنه وجود دارد. فتیله اطمینان را در قسمت خالی پوکه قرار می‌دهند و مقاومت الکتریکی را به جریان برق وصل می‌کنند. گرم شدن این مقاومت، موجب آتش زدن خرج و آن هم موجب آتش زدن باروت فتیله اطمینان خواهد شد.

**ب- فتیله آتش‌زنه:** نوعی فتیله نرم و نازک است که با شعله می‌سوزد و برای انتقال آتش به کار می‌رود. فتیله آتش‌زنه از تعدادی مواد سوزان تشکیل می‌شود که در پوششی از نخ و الیاف و لاک قرار داده شده است. فتیله آتش‌زنه را می‌توان با آتش‌زنه برقی یا شعله کبریت آتش زد. برای آتش زدن چندین چال که با فتیله اطمینان مجهز هستند، می‌توان از فتیله آتش‌زنه استفاده کرد. روش کار به این ترتیب است که فتیله آتش‌زنه را با رابط مخصوص به فتیله اطمینان وصل می‌کنند. این رابط شبیه چاشنی است و موجب انتقال آتش از فتیله آتش‌زنه به فتیله اطمینان می‌شود (شکل ۱۵-۷).



شکل ۱۵-۷- آتش زدن فتیله اطمینان به کمک فتیله آتش‌زا

در بعضی از معدن‌های ایران برای آتش زدن چال‌ها به روش زیر عمل می‌کنند :

– یک رشته فتیله اطمینان به طول حدود ۴۰ سانتی‌متر انتخاب می‌کنند ؛

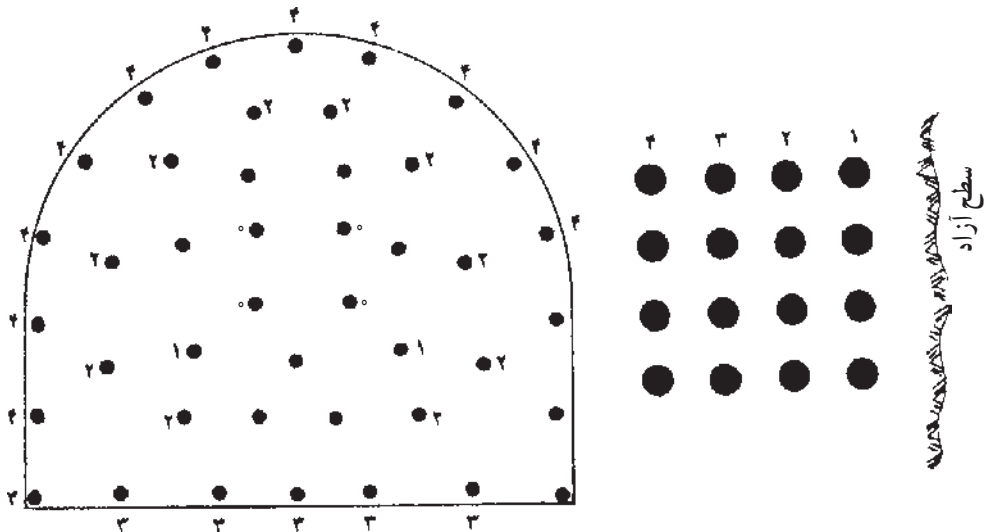
– به تعداد چال‌های موجود که باید آتش شوند، فتیله را در چند جا زخمی می‌کنند ؛

به این ترتیب فتیله بریده می‌شود اما قطعه‌های آن هنوز به هم متصل هستند ؛

– پس از آتش زدن سرفتیله، شعله حاصل از باروت به جلو پخش می‌شود و براحتی می‌تواند فتیله اطمینان موجود در چال را آتش بزند. در این موقع آتش به انتهای نخستین بریدگی می‌رسد و بریدگی دوم را آتش می‌زند که با آتش آن دومین چال را آتش می‌کنند. این کار به همین ترتیب تا پایان ادامه می‌یابد.

### ۷-۲-۶- آتش کاری فوری و تأخیری با فتیله اطمینان: فرض کنیم مطابق شکل ۱۶-۷

دسته‌ای چال در معدنی روباز و دسته‌ای دیگر در معدنی زیرزمینی حفر شده باشد. بسیار بندرت پیش می‌آید که لازم باشد تمام چال‌ها همزمان با هم آتش شوند بلکه معمولاً در معدن‌های روباز چال‌های حفر شده باید ردیف به ردیف و به نوبت آتش شوند ؛ یعنی چال‌های ردیف ۱ ابتدا به طور همزمان آتش می‌شوند ؛ سپس چال‌های ردیف ۲ و به همین ترتیب کلیه چال‌های حفر شده آتش می‌گردند. همچنین در یک معدن زیرزمینی که تونل مثال بسیار روشنی از آن است، چال‌های حفر شده در سینه کار تونل باید به نوبت و از مرکز به طرف محیط تونل آتش شوند ؛ یعنی ابتدا چال‌های نمره صفر، سپس چال‌های نمره ۱ و به همین ترتیب بقیه چال‌ها آتش شوند. به طور کلی نتیجه می‌گیریم که در عملیات حفاری و انفجار همیشه تعدادی چال همزمان با هم و تعدادی با فاصله زمانی معینی از یکدیگر باید آتش شوند.



شکل ۱۶-۷- چال‌های معدن روباز و حفر تونل. شماره نوشته شده روی هر چال نماینده نوبت انفجار آن می‌باشد.

اگر در آن تعداد از چال که باید همزمان آتش شوند، طول فتیله اطمینان هم اندازه باشد و چال‌ها نیز با آتش‌زنه برقی یا فتیله آتش‌زنه همزمان با هم آتش شوند، باز نباید انتظار داشت که انفجار چال‌ها در یک زمان معینی صورت گیرد؛ زیرا هر متر فتیله اطمینان ۲ ثانیه نوسان زمان سوختن دارد و امکان پس و پیش شدن نوبت انفجار چال‌ها زیاد خواهد بود. در معدن‌های ایران رسم بر این است که برای اجرای آتشکاری تأخیری آن قسمت از فتیله را که از چال بیرون است، کوتاه و بلند در نظر می‌گیرند و انتظار می‌رود که چال با فتیله کوتاه‌تر زودتر از چال با فتیله بلند منفجر شود. شاید این امر انتظار بیهوده‌ای نباشد اما چندان هم قابل اعتماد نیست؛ زیرا چنانکه گفتیم هر متر فتیله اطمینان ۲۰ ثانیه خطای زمان سوختن دارد و اگر هر متر فتیله اطمینان در ۲ دقیقه بسوزد، باید انتظار داشت که یک متر فتیله اطمینان از ۱۰۰ ثانیه تا ۱۴۰ ثانیه بسوزد؛ به عبارت دیگر، اگر دو رشته فتیله اطمینان به طول ۱۰۰ و ۱۴۰ سانتی‌متر به طور همزمان آتش شوند، امکان این که همزمان منفجر گردند، وجود دارد. پس اگر بخواهیم یک چال یا یک دسته چال بعد از چال یا دسته چال دیگر منفجر شود، باید اختلاف طول فتیله آنها بیش از ۴۰ سانتی‌متر باشد تا از انفجار نوبتی آنها اطمینان حاصل کنیم. از سوی دیگر، وقتی که فتیله اولین چال آتش می‌شود، هشدار می‌دهد که باید در زمان معینی خود را به پناهگاه برساند. کوتاه کردن فتیله اطمینان در چال‌های نوبت اول، به معنی فرصت کم برای آتشکار است. به همین جهت طبق دستورالعمل‌های ایمنی تهیه شده، تعداد چال‌هایی که در هر نوبت با فتیله اطمینان آتش می‌شوند، محدود به ۸ عدد است. البته در عمل، تعداد چال‌های یک سینه کار از قبیل تونل یا کارگاه استخراج بیش از ۸ عدد است و آتشکاران بدون توجه به مقررات ایمنی اقدام به آتش کردن آنها می‌نمایند.

با توجه به آنچه که گفتیم نباید انتظار آتشکاری فوری یا تأخیری صحیح و اصولی را با فتیله اطمینان داشت.

### ۳-۷- آتشکاری با فتیله انفجاری

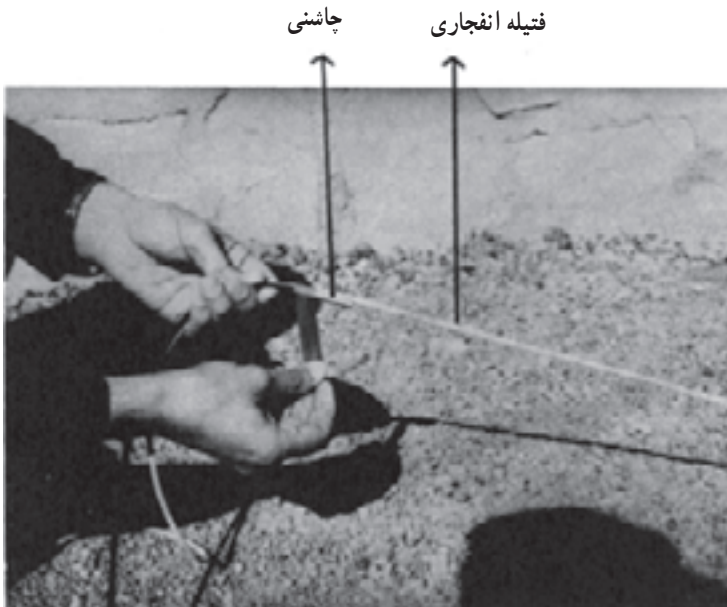
فتیله انفجاری برای نخستین بار در ایران با نام کرتکس<sup>۱</sup> معرفی شده و هنوز هم به همین نام مشهور است. در حالی که کرتکس نام تجاری نوعی فتیله انفجاری ساخت انگلیس می‌باشد.

فتیله انفجاری که ظاهری شبیه سیم آنتن تلویزیون رنگی دارد، فتیله‌ای است محکم، نرم، ضدآب و مقاوم در مقابل کشش و خراشی که از ماده منفجره PENT درست شده است. این ماده منفجره به وسیله لایه‌ای از نخ چتایی و پنبه پوشیده شده و به‌طور کلی پوششی از پلاستیک دور آن را

گرفته است. قطر انواع فتیله انفجاری ۵ تا ۱۰ میلی متر و در هر متر آن ۸۵/۰ تا ۸۵ گرم ماده منفجره وجود دارد. فتیله انفجاری به الکتریسیته حساس نیست اما به ضربه حساس است و در اثر ضربه با سرعت ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر بر ثانیه منفجر می شود. فتیله انفجاری در حقیقت نوعی چاشنی است که موجب انفجار خرج درون چال می گردد اما خود برای منفجر شدن به چاشنی نیاز دارد. فتیله انفجاری به مقدار بسیار زیاد در بیشتر معدن های روباز ایران مصرف می شود.

۱-۳-۷- چگونگی انفجار فتیله انفجاری: فتیله انفجاری به کمک یک چاشنی معمولی یا چاشنی برقی منفجر می شود و در این هنگام می تواند خرج داخل چال را منفجر کند. چاشنی معمولی یا برقی را به کمک نوار چسب، سیم یا رسمان به فتیله انفجاری می بندند (شکل ۱۷-۷). مطلبی که در انفجار حائز اهمیت است، در نظر گرفتن جهت حرکت آتش یا موج انفجار است. به این معنی که هرگاه یک چاشنی را به وسط فتیله ای به طول ۲ متر ببندیم، بعد از انفجار چاشنی، تنها یک متر از فتیله انفجاری منفجر خواهد شد و این یک متر، آن قسمت از فتیله است که انتهای چاشنی به آن سمت می باشد؛ یعنی قسمتی از فتیله که در جهت موج انفجار است، منفجر خواهد شد (شکل ۱۷-۷).

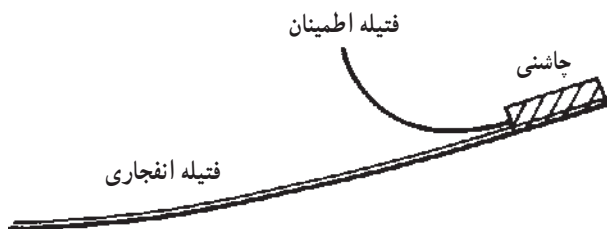
اگر چاشنی را مطابق شکل ۱۸-۷ به یک رشته فتیله انفجاری ببندیم، پس از انفجار چاشنی تنها آن قسمت از فتیله انفجاری که به چاشنی چسبیده است، منفجر خواهد شد.



شکل ۱۷-۷- اتصال چاشنی معمولی به فتیله انفجاری با نوار چسب در اثر انفجار چاشنی، نصف فتیله منفجر خواهد شد.



اگر چاشنی در جهتی مخالف (شکل ۱۸-۷) به فتیله بسته شود، پس از انفجار چاشنی تمام طول فتیله منفجر خواهد شد (شکل ۱۹-۷).



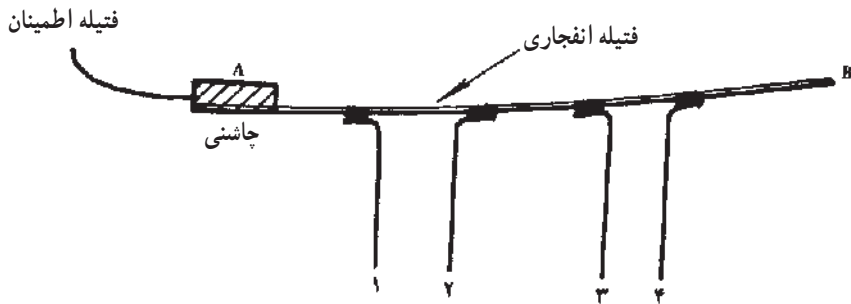
شکل ۱۸-۷ در این شکل فقط آن قسمت از فتیله انفجاری که به چاشنی جسیده است منفجر می شود و بقیه فتیله سالم باقی می ماند.



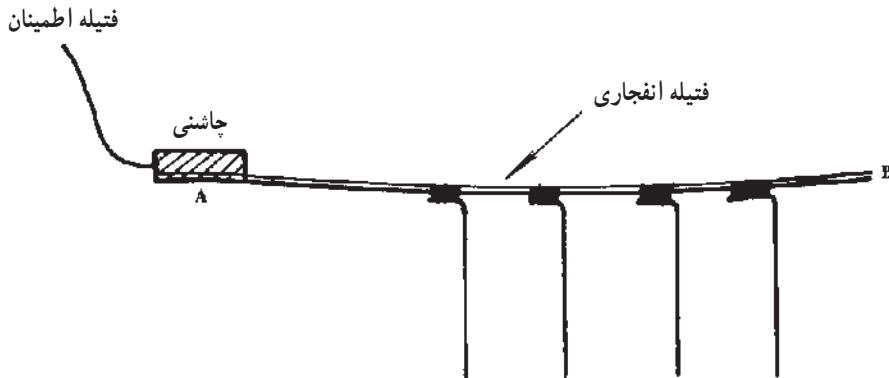
شکل ۱۹-۷ در این حالت تمام طول فتیله انفجاری منفجر خواهد شد. زیرا جهت موج انفجار از انتهای چاشنی به طرف فتیله انفجاری می باشد.

اگر بخواهیم به فتیله چاشنی دار فتیله دیگری ببندیم، باید آنها را کنار هم بگذاریم و روی آنها را با نوار چسب یا سیم ببندیم. اکنون چنانچه چاشنی را به فتیله اولی بسته آن را منفجر کنیم، موج انفجار در طول فتیله حرکت خواهد کرد و تنها فتیله هایی را منفجر خواهد کرد که با فتیله چاشنی دار زاویه ای بیش از  $90^\circ$  درجه بسازند. در شکل ۲۰-۷ اگر چاشنی را در رأس A از فتیله AB ببندیم، فتیله های ۱ و ۳ و تمام فتیله AB منفجر می شوند. اما فتیله های ۲ و ۴ از فتیله AB جدا می شوند و تنها آن قسمت که با فتیله AB در تماس است، منفجر می گردد. چنانچه در این شکل چاشنی را در رأس B قرار دهیم، فتیله های ۱ و ۳ باقی می ماند و فتیله های ۲ و ۴ منفجر می شوند. چنانچه در شکل یادشده در دو رأس A و B چاشنی ببندیم، باز نمی توان انتظار داشت که هر چهار فتیله ۱، ۲، ۳، ۴ و ۲ منفجر شوند؛ زیرا ممکن است موج انفجار چاشنی A قبل از چاشنی B به فتیله ۲ برسد و آن را از فتیله AB جدا کند. در صورتی که فاصله رأس A تا فتیله ۲ برابر رأس B تا این فتیله باشد، امکان انفجار آن تقریباً حتمی است اما چون این امکان همیشه وجود ندارد و به علاوه در عملیات آتشکاری پیوسته با

اندازه‌گیری‌های دقیق و خسته‌کننده سروکار خواهیم داشت، بهتر است از این مقوله چشم‌پوشی کنیم و فتیله‌ها را در جهتی ببندیم که همگی با یک چاشنی آتش شوند (شکل ۲۱-۷).



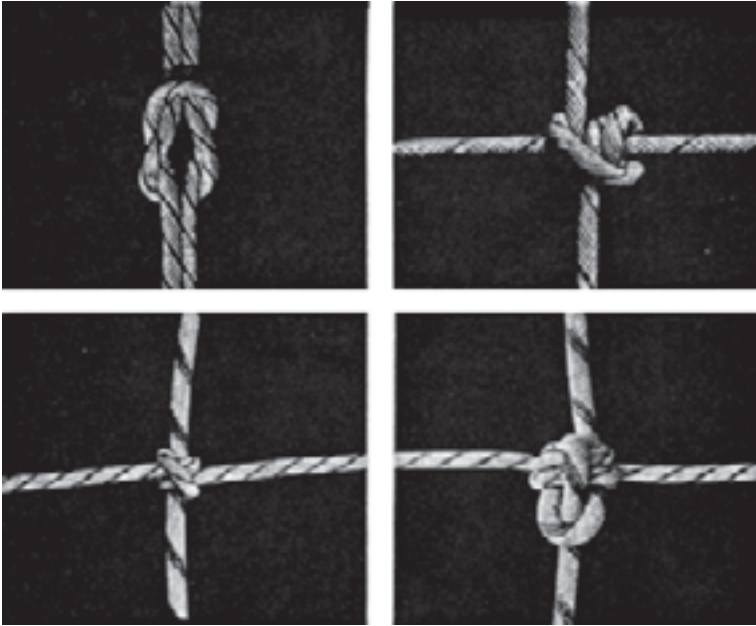
شکل ۲۰-۷- اتصال چند رشته فتیله انفجاری به یک رشته فتیله AB که خط آتش نامیده می‌شود.



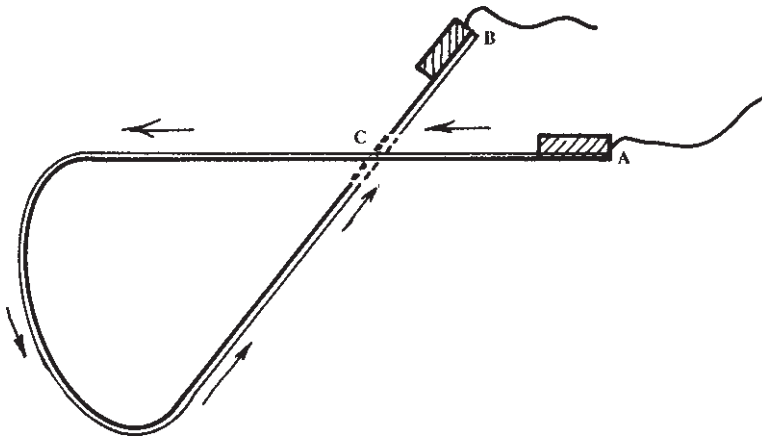
شکل ۲۱-۷- رعایت جهت اتصال چند رشته فتیله انفجاری به خط آتش در این صورت همه فتیله‌ها منفجر خواهند شد.

از نظر این که رعایت جهت ممکن است دشوار باشد، گره‌های مخصوصی برای بستن فتیله‌ها به یکدیگر وجود دارد که با وجود آنها نیازی به حفظ جهت نیست و چاشنی در هر طرف که باشد، همه فتیله‌ها را آتش خواهد کرد. در آتشکاری به فتیله اصلی (مثل فتیله AB) «خط آتش» می‌گویند. انواعی از این گره‌ها را در شکل ۲۲-۷ مشاهده می‌کنید.

چنانچه مطابق شکل ۲۳-۷ فتیله انفجاری حلقه شده و روی هم بیافتند، انفجار از هر سمت فتیله که رخ دهد، در نقطه‌ای که فتیله روی هم افتاده است، قطع می‌شود؛ زیرا موج انفجار در آن نقطه فتیله را خواهد بُرید.

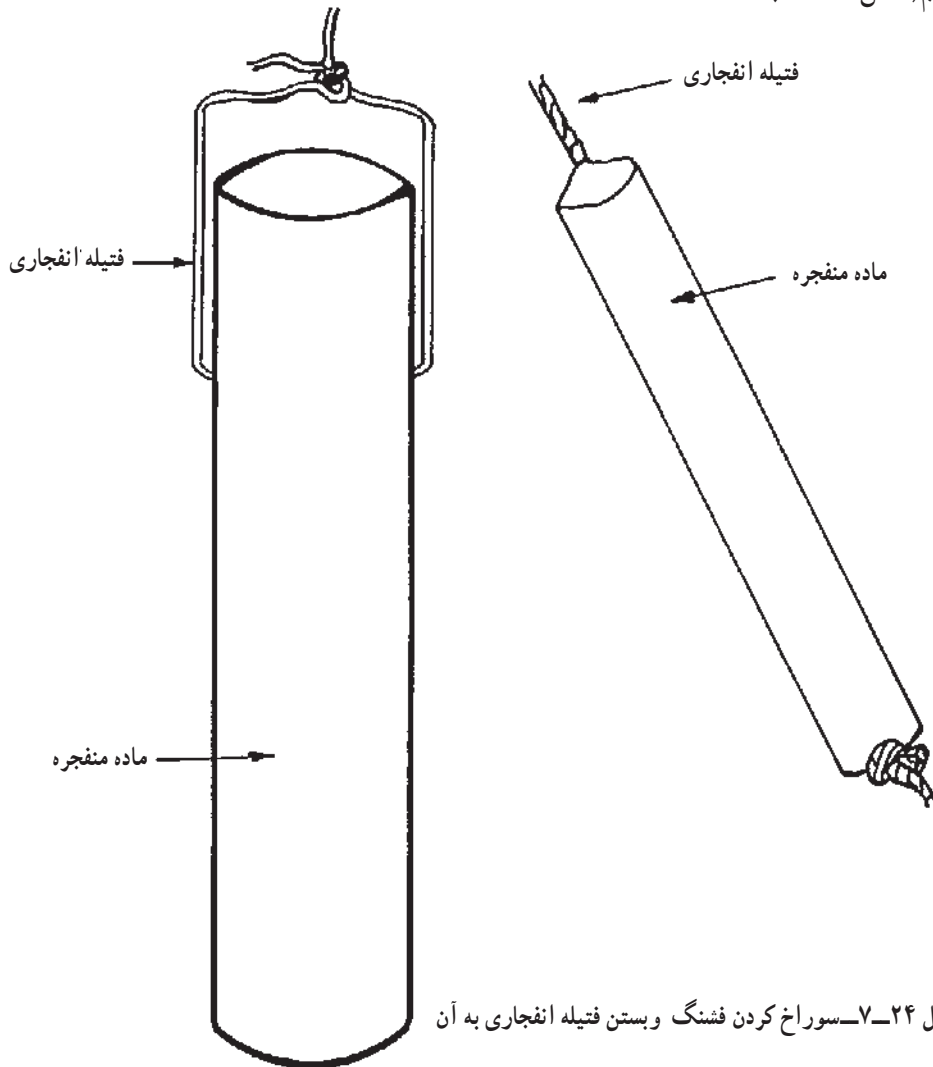


شکل ۲۲-۷- انواع گره‌های فتیله انفجاری



شکل ۲۳-۷- قطع انفجار در فتیله انفجاری بر اثر حلقه شدن. اگر چاشنی در نقطه A کار گذاشته و منفجر شود موج انفجار مطابق فلش در فتیله انفجاری حرکت کرده و در نقطه C فتیله زیری را خواهد برید اما انفجار همچنان در رشته بالایی ادامه می‌یابد تا به نقطه C برسد. در این حالت انفجار متوقف می‌شود و اگر انفجار از نقطه B شروع شود در نقطه C فتیله بالایی را می‌برد. به هر صورت در هر دو حالت فوق قسمت‌های BC یا AC سالم باقی می‌ماند.

۲-۳-۷- مراحل آتشکاری با فتیله انفجاری: فتیله انفجاری به منزله چاشنی عمل می‌کند؛ بنابراین، لازم نیست در چال، چاشنی هم قرار داده شود اما خود فتیله انفجاری برای آتش شدن به چاشنی نیاز دارد و با یک چاشنی معمولی یا چاشنی برقی می‌توان هزاران چال را که با فتیله انفجاری خرج گذاری شده است، منفجر کرد. برای آتشکاری با فتیله انفجاری لازم است فتیله با خرج موجود در چال تماس کامل داشته باشد یا دست کم به یکی از فشنگ‌های خرج متصل شده باشد. همان طور که در مورد فتیله اطمینان گفتیم، در این جا هم فتیله انفجاری که به جای چاشنی عمل می‌کند باید درون فشنگ ماده منفجره قرار گیرد. برای این منظور، فشنگ ماده منفجره را با درفش مخصوص سوراخ می‌کنیم؛ فتیله انفجاری را از این سوراخ عبور می‌دهیم و آن را گره می‌زنیم (شکل ۲۴-۷).

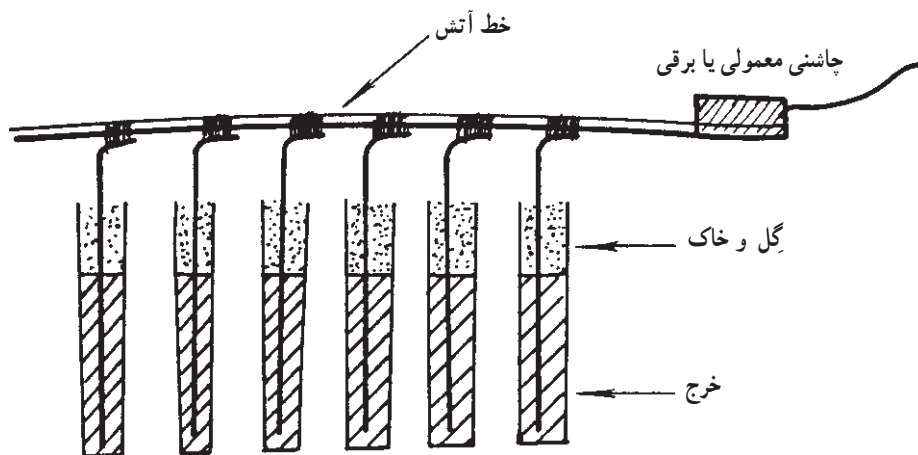


شکل ۲۴-۷- سوراخ کردن فشنگ و بستن فتیله انفجاری به آن

این فشنگ را به ته چال می‌فرستیم و بقیه عملیات خرج گذاری را به روش‌هایی که خواهیم گفت، انجام می‌دهیم. در طول عملیات خرج گذاری، فتیله انفجاری در کنار چال میان دیواره و خرج قرار می‌گیرد و بقیه مواد منفجره موجود در چال با آن در تماس خواهند بود.

– طول فتیله انفجاری باید به اندازه‌ای باشد که دست کم از دهانه چال نیم متر بیرون باشد. پس از این که تمام چال‌ها به همین ترتیب خرج گذاری و دهانه آنها بسته شد، می‌بینیم که از هر چال یک رشته فتیله انفجاری بیرون آمده و روی زمین قرار گرفته است. یک رشته فتیله انفجاری را که از نخستین چال تا آخرین چال بتوان آن را روی زمین قرارداد، انتخاب می‌کنیم و به آن «خط آتش» می‌گوییم.

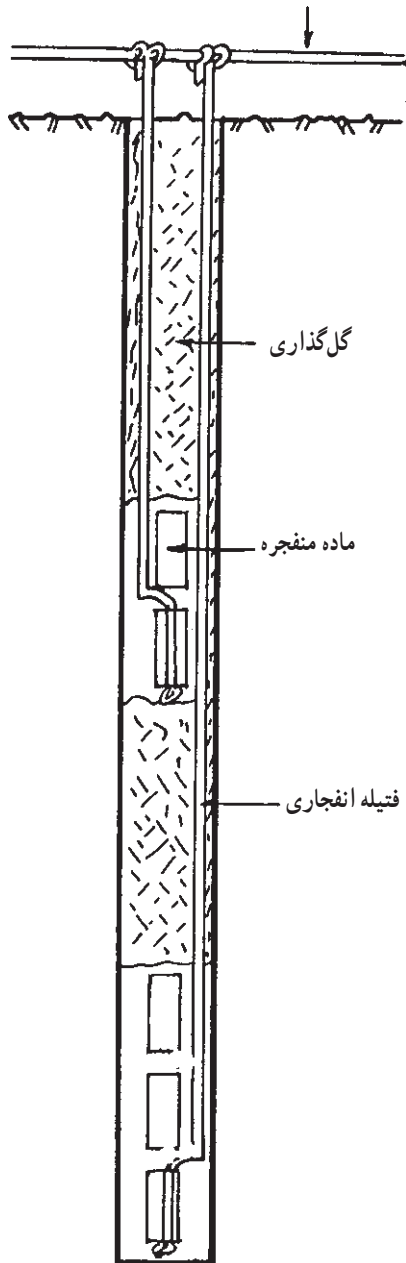
– همه فتیله‌های چال‌ها را یک به یک مطابق شکل ۲۵-۷ به خط آتش وصل می‌کنیم.  
– چاشنی برقی یا معمولی را در طرفی از خط آتش می‌بندیم که موج انفجار خط آتش موجب انفجار چال‌ها بشود (شکل ۲۵-۷).



شکل ۲۵-۷- اتصال چند فتیله انفجاری به خط آتش

– حال اگر چاشنی برقی یا معمولی را منفجر کنیم، همه چال‌ها منفجر خواهند شد. سرعت انفجار فتیله انفجاری ۶۰۰۰ تا ۸۰۰۰ متر بر ثانیه است و با رسیدن آتش به آن دیگر فرصتی برای فرار باقی نمی‌ماند؛ لذا قبل از انفجار چاشنی برقی یا معمولی، شخص آتشکار باید خود را به پناهگاه رسانده باشد. برای این منظور و حفظ ایمنی آتشکاران، طول فتیله اطمینان باید به اندازه‌ای باشد که به محض آتش زدن آن تا رسیدن شعله به چاشنی وقت کافی برای رسیدن به پناهگاه وجود داشته باشد. انتخاب طول مناسب برای فتیله اطمینان با توجه به محل انفجار و فاصله پناهگاه از

آن به عهده آتشکار است. اگر از چاشنی برقی برای انفجار فتیله انفجاری استفاده می‌شود، از آن جا که چاشنی برقی به محض اتصال برق یا اندکی بعد از آن منفجر می‌شود، باید اتصال برق به چاشنی برقی از پناهگاه به وسیله آتشکار انجام گیرد. در بعضی موارد مثلاً برای جلوگیری از لرزش زمین خرج را در طول چال به صورت منقطع یا بریده بریده قرار می‌دهند؛ به این صورت که مقداری از طول



چال را خرج گذاری می‌کنند و سپس مواد باطله‌ای مثل خاک و گل روی آن می‌ریزند؛ آن گاه دوباره خرج گذاری می‌کنند و مواد باطله روی آنها می‌ریزند. این عمل در طول یک چال ممکن است چندبار تکرار شود. چنانچه برای انفجار در این گونه چال‌ها قرار است فتیله انفجاری به کار رود، با این که اولین رشته فتیله با همه خرج‌ها در تماس خواهد بود، برای حصول اطمینان، در هر مرحله از خرج گذاری یک رشته فتیله انفجاری به کار می‌برند. به این ترتیب ممکن است از دهانه چال به جای یک رشته به تعداد ۲ یا ۳ رشته فتیله انفجاری خارج شده باشد و طبیعی است که همگی را باید مطابق دستورالعمل داده شده به خط آتش بست (شکل ۲۶-۷).

شکل ۲۶-۷- خرج گذاری منقطع با فتیله انفجاری

۴-۳-۷- آتشکاری تأخیری با فتیله انفجاری: چنانچه قبلاً نیز گفتیم اصولاً در یک عملیات انفجار، تعدادی از چال‌ها همزمان منفجر می‌شوند و عده‌ای با فاصله زمانی معینی از یکدیگر منفجر خواهند شد. انفجارهای اخیر را «آتشکاری تأخیری» می‌نامیم. در بخش مربوط به فتیله اطمینان دیدیم که انجام انفجار همزمان یا تأخیری با فتیله اطمینان امکان‌پذیر نیست اما هر دو حالت یاد شده با فتیله انفجاری بخوبی انجام می‌شوند. برای این کار، از تأخیر دهنده‌های مخصوص فتیله انفجاری (چاشنی تأخیری یا رله تأخیری<sup>۱</sup>) استفاده می‌شود. تأخیر دهنده فتیله انفجاری پوک‌ه‌ای شکل است که دو طرف آن خالی است و در وسط آن خرج تأخیری مخصوص قرار دارد. هنگامی که موج انفجار از یک طرف وارد آن شود، از طرف دیگر با اندکی تأخیر خارج می‌شود. هر جا که انفجار تأخیری لازم باشد، مطابق شکل ۲۷- ۷ به شرح زیر عمل می‌شود:

- ۱- فتیله را با چاقوی تیز، قیچی یا انبردست مخصوص در محل مورد نظر قطع می‌کنند.
- ۲- یک سرفتیله قطع شده را وارد تأخیر دهنده می‌کنند و با انبردست مخصوص آن را فشار می‌دهند تا فتیله بخوبی در تأخیر دهنده محکم شود.
- ۳- سر دیگر فتیله را به شرح بالا در تأخیر دهنده محکم می‌کنند.



الف - قطع فتیله





ب- جا دادن یک سر فتیله انفجاری در چاشنی



ج- جا دادن سر دیگر فتیله انفجاری در چاشنی

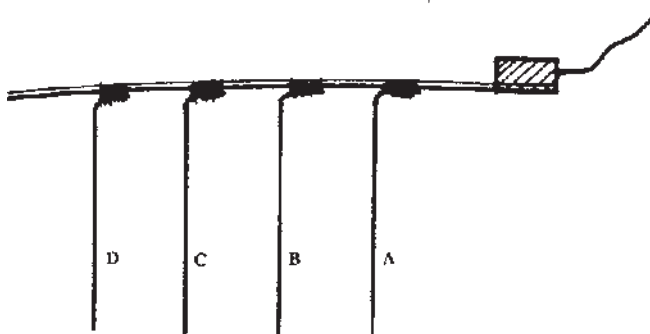
شکل ۲۷-۷- مراحل کار گذاشتن تأخیر دهنده فتیله انفجاری

تأخیر دهنده های فتیله انفجاری ضد آب هستند اما برای کارهای زیر آب از آنها استفاده نمی شود و زمان تأخیر آنها متنوع است ؛ به عنوان مثال زمان تأخیر رله های ساخت انگلیس به شرح صفحه بعد است.

شماره چاشنی	زمان تأخیر به میلی ثانیه
۱	۲۵
۲	۵۰
۳	۷۵
۴	۱۰۰
۵	۱۲۸
۶	۱۵۷
۷	۱۹۰
۸	۲۳۰
۹	۲۸۰
۱۰	۳۴۰

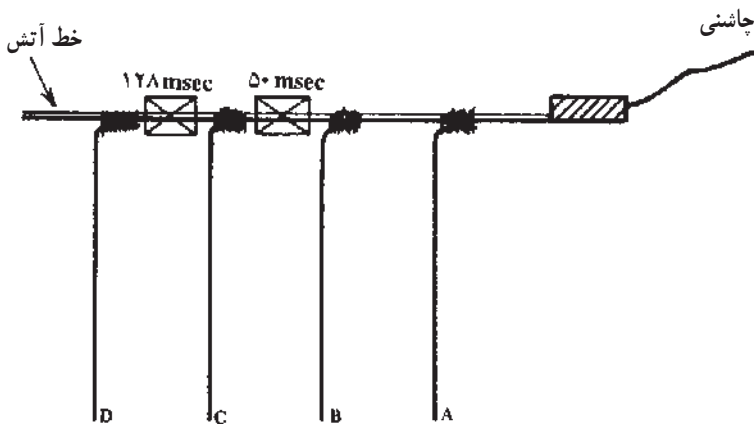
برای سهولت تشخیص، رله‌های مختلف را با رنگ‌های متفاوت مشخص می‌کنند که هر رنگ زمان تأخیر خاصی را نشان می‌دهد.

علاوه بر چاشنی‌های تأخیری، خود فتیله انفجاری نیز می‌تواند به عنوان تأخیردهنده مورد استفاده قرار گیرد؛ مثلاً اگر سرعت انفجار فتیله برابر ۷۰۰۰ متر در ثانیه باشد، هر یک متر آن در  $\frac{1}{7000}$  ثانیه منفجر می‌شود؛ مثلاً در فتیله‌ای به طول ۷ متر، زمان لازم برای رسیدن انفجار از یک سر به سردیگر آن  $\frac{1}{7000}$  ثانیه است و برای داشتن زمان تأخیر ۲۵ میلی ثانیه لازم است ۱۷۵ متر فتیله مصرف کرد. این کار از نظر اقتصادی درست نیست؛ زیرا که قیمت تأخیردهنده (چاشنی تأخیری) ۲۵ میلی ثانیه به مراتب کمتر از قیمت ۱۷۵ متر فتیله انفجاری است. حال اگر مطابق شکل چهارچال خرج‌گذاری شده و برای آتشکاری از فتیله انفجاری استفاده شده باشد، چنانچه هر چهارچال مطابق شکل ۷-۲۸ به خط آتش بسته شوند، همگی همراه هم منفجر می‌شوند.

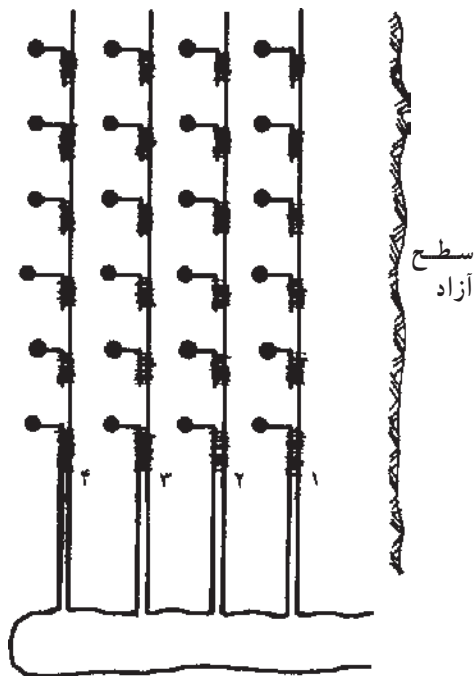


شکل ۷-۲۸- هر چهارچال با هم منفجر خواهند شد.

اگر میان چال C و B چاشنی شماره ۲ و میان چال C و D چاشنی شماره ۵ کار گذاشته شود، وقتی که آتش آغاز می شود، چال A و B همراه هم منفجر می شوند. چال C مدت ۵۰ میلی ثانیه بعد از چال A و B و چال D مدت ۱۲۸ میلی ثانیه بعد از چال A و B یا ۷۸ میلی ثانیه بعد از چال C منفجر می شود (شکل ۲۹-۷).



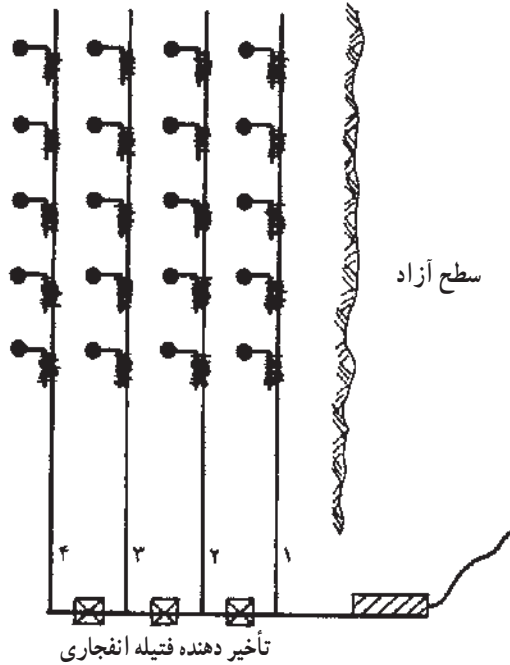
شکل ۲۹-۷- انفجار تأخیری با فتیله انفجاری



– مجموع فتیله انفجاری و چاشنی برقی موارد استعمال متعددی دارد و اگر تأخیردهنده فتیله انفجاری در دست نباشد، می توان آتشکاری های تأخیری را به کمک چاشنی برقی تأخیری انجام داد (شکل ۳۰-۷).

شکل ۳۰-۷- انفجار تأخیری در معادن روباز به کمک فتیله انفجاری و چاشنی برقی

– اگر بخواهیم چند ردیف چال را به نوبت آتش کنیم، برای هر ردیف یک خط آتش در نظر می‌گیریم و میان خطوط آتش تأخیر دهنده فتیله انفجاری قرار می‌دهیم. در این صورت ردیف‌های چال به نوبت آتش می‌شوند (شکل ۳۱-۷).

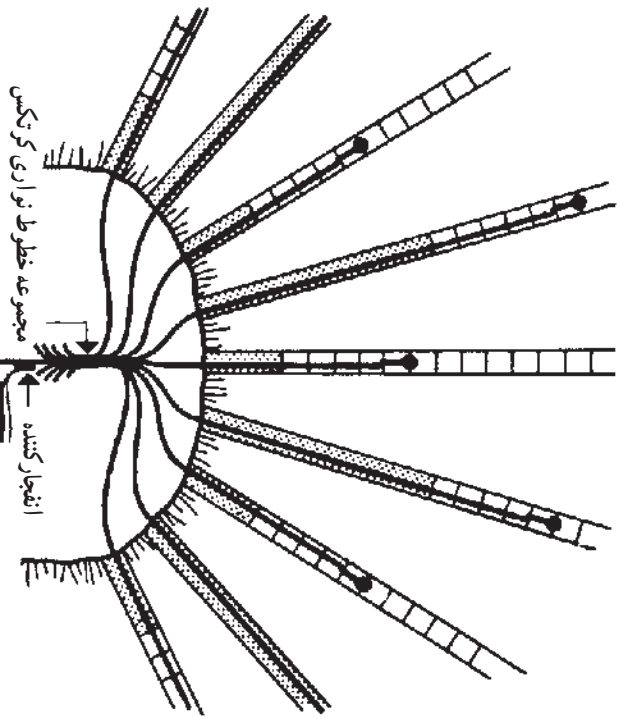
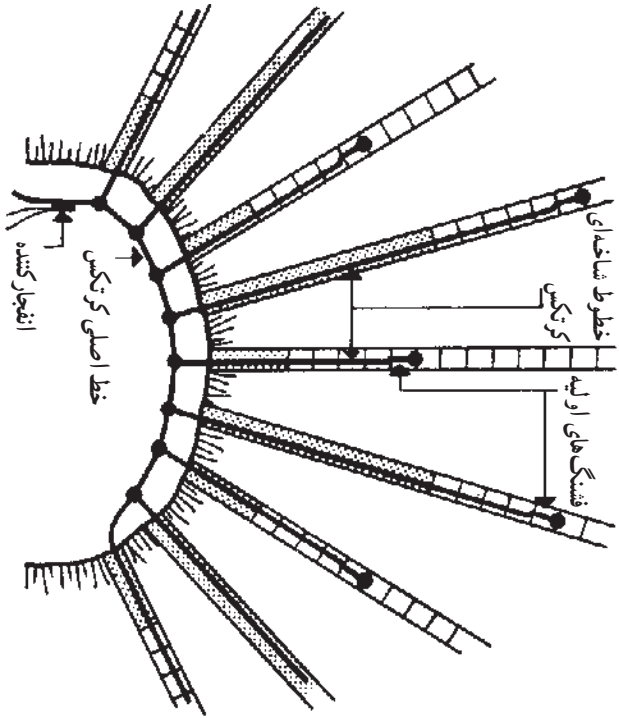


شکل ۳۱-۷- انفجار تأخیری با فتیله انفجاری و تأخیر دهنده فتیله انفجاری ردیف‌های ۱ و ۲ و ۳ و ۴ به نوبت آتش خواهند گرفت.

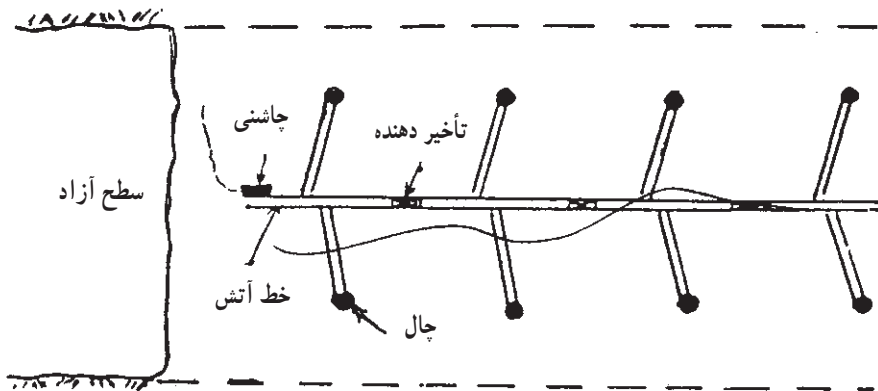
به طور کلی، در بسیاری از عملیات حفاری و انفجار می‌توان از فتیله انفجاری استفاده کرد.  
به نمونه‌هایی از آن در شکل‌های ۷-۳۰ تا ۷-۳۴ توجه کنید.



شکل ۷-۳۲- خرج‌گذاری دینامیت سنگین وزن با فتیله انفجاری



شکل ۳۳-۷- استفاده از فنیله انفجاری در استخراج معادن زیرزمینی با روش Caving مانند Sub-level



شکل ۳۴-۷- استفاده از فتیله انفجاری و تأخیر دهنده در حفر تراشه

۵-۳-۷- به کار بردن فتیله انفجاری در زیر آب: برای آتشکاری در زیر آب می توان از فتیله انفجاری استفاده کرد. نظر به این که در زیر آب امکان نفوذ آب از قسمت بریده شده به درون فتیله وجود دارد، بهتر است انتهای آن را با پوکه مخصوص و به کمک لاک و گریس ببندند. اگر از فتیله انفجاری در محیط مرطوب استفاده شود و زمان خرج گذاری چند روز باشد، بهتر است ۱ تا ۱/۵ متر بیشتر از طول مورد نیاز به انتهای فتیله اضافه کرد تا در مدتی که آب در آن نفوذ می کند، به جایی که محل تماس خرج و فتیله است، نرسد. همان طور که گفتیم چاشنی های تأخیری را (تأخیر دهنده فتیله انفجاری) نباید در زیر آب به کار برد.

#### ۶-۳-۷- احتیاط های لازم در کاربرد فتیله انفجاری:

- ۱- جهت حرکت موج انفجار در نظر گرفته شود.
  - ۲- فتیله نباید به صورت گره روی هم بیافتد. در غیر این صورت انفجار در همان محل قطع می شود.
  - ۳- فتیله را قبلاً باید به طول مورد نیاز برید. بریدن فتیله از حلقه اصلی در حالی که قسمتی از آن درون چال قرار دارد، ممنوع است.
  - ۴- فاصله دو رشته فتیله موازی دست کم ۲۰ سانتی متر است.
  - ۵- اگر بناچار دو رشته فتیله باید از روی هم عبور کنند، لازم است میان آنها جسمی مثل تخته به ضخامت دست کم ۱۰ سانتی متر قرارداد.
  - ۶- فتیله انفجاری نباید با سایر مواد منفجره در یک محل انبار شود.
  - ۷- در معدن های زغال سنگ که گاز و گرد زغال دارند، نباید فتیله انفجاری به کار برده شود.
- ۷-۳-۷- بسته بندی فتیله انفجاری: فتیله انفجاری معمولاً به طول ۵۰ تا ۱۵۰ متر به دور



قرقره‌ای پیچیده شده است و هر ۲، ۳، ۴ یا ۶ قرقره در یک جعبه قرار دارد (شکل ۷-۳۵). هر صد عدد تأخیردهنده را در یک قوطی و هر ۴۰ قوطی را در یک جعبه قرار می‌دهند.



شکل ۷-۳۵- بسته‌بندی فتیله انفجاری

## ۸-۳-۷- مزایا و معایب فتیله انفجاری:

### الف: مزایا

- کاربرد آن آسان است.
- هر جا که به سبب صاعقه و عوامل دیگر کاربرد چاشنی برقی ممنوع باشد، با اطمینان خاطر می توان از فتیله انفجاری استفاده کرد.
- با تأخیردهنده فتیله انفجاری به هر تعداد می توان چال را با تأخیر آتش کرد.
- مجموعه فتیله انفجاری و چاشنی برقی موارد استعمال متعددی دارند. اگر تأخیردهنده فتیله انفجاری در اختیار نباشد، می توان با چاشنی برقی تأخیری این کار را انجام داد.
- از آن جا که فتیله در تمام طول چال با خرج در تماس است، امکان این که قسمتی از خرج منفجر نشود، بسیار کم است.
- برای بریدن لوله های چدنی نیز می توان از فتیله انفجاری استفاده کرد. اگر روی لوله ای به قطر ۲۵ سانتی متر و ضخامت ۱۴ میلی متر ۵ دور فتیله انفجاری ببیچیم و آن را منفجر کنیم، لوله مزبور بریده خواهد شد.

### ب: معایب

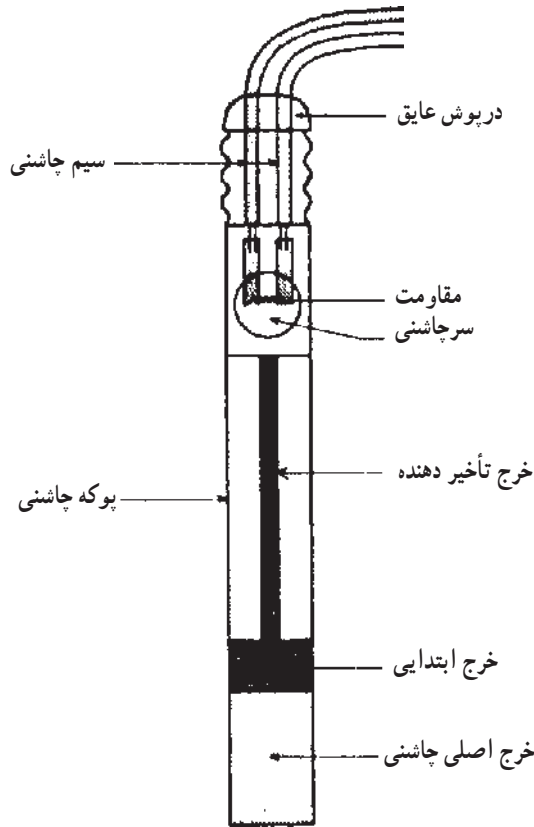
- ایجاد سروصدای زیاد به هنگام انفجار و این امر در نزدیکی مناطق مسکونی بسیار ناگوار است.
- کم کردن کارایی ماده منفجره.

## ۴-۷- آتشکاری با چاشنی برقی

- در این روش آتشکاری، چاشنی مصرف شده به کمک جریان برق منفجر می شود و انفجار آن، خرج موجود در چال را منفجر خواهد کرد.
- ### ۱-۴-۷- چاشنی برقی<sup>۱</sup>:
- چاشنی برقی از یک پوکه مسی یا آلومینیومی تشکیل شده که یک طرف آن بسته است و از طرف دیگر آن دو رشته سیم خارج می شود. در داخل پوکه از پایین به بالا اجزایی مانند خرج چاشنی، خرج تأخیردهنده، سرچاشنی و درپوش قرار دارند (شکل ۳۶-۷).
- در قسمت سرچاشنی یک مقاومت الکتریکی وجود دارد که دو رشته سیم به آن لحیم شده است و این دو رشته سیم از دهانه چاشنی خارج می شوند. وقتی که دو سیم چاشنی را به جریان برق وصل کنیم، مقاومت مزبور گرم می شود و سبب آتش زدن و انفجار خرج موجود در چاشنی خواهد شد که آن

۱- Electric detonator

هم به نوبه خود خرج موجود در چال را منفجر خواهد کرد.



شکل ۳۶-۷- ساختمان داخلی چاشنی برقی

چاشنی‌های برقی را برحسب زمان انفجار به سه دسته تقسیم می‌کنند :

چاشنی فوری      چاشنی کم تأخیری      چاشنی تأخیری

چاشنی فوری آن است که به محض وصل جریان برق منفجر می‌شود. این چاشنی را «چاشنی

نمره صفر» هم می‌گویند.

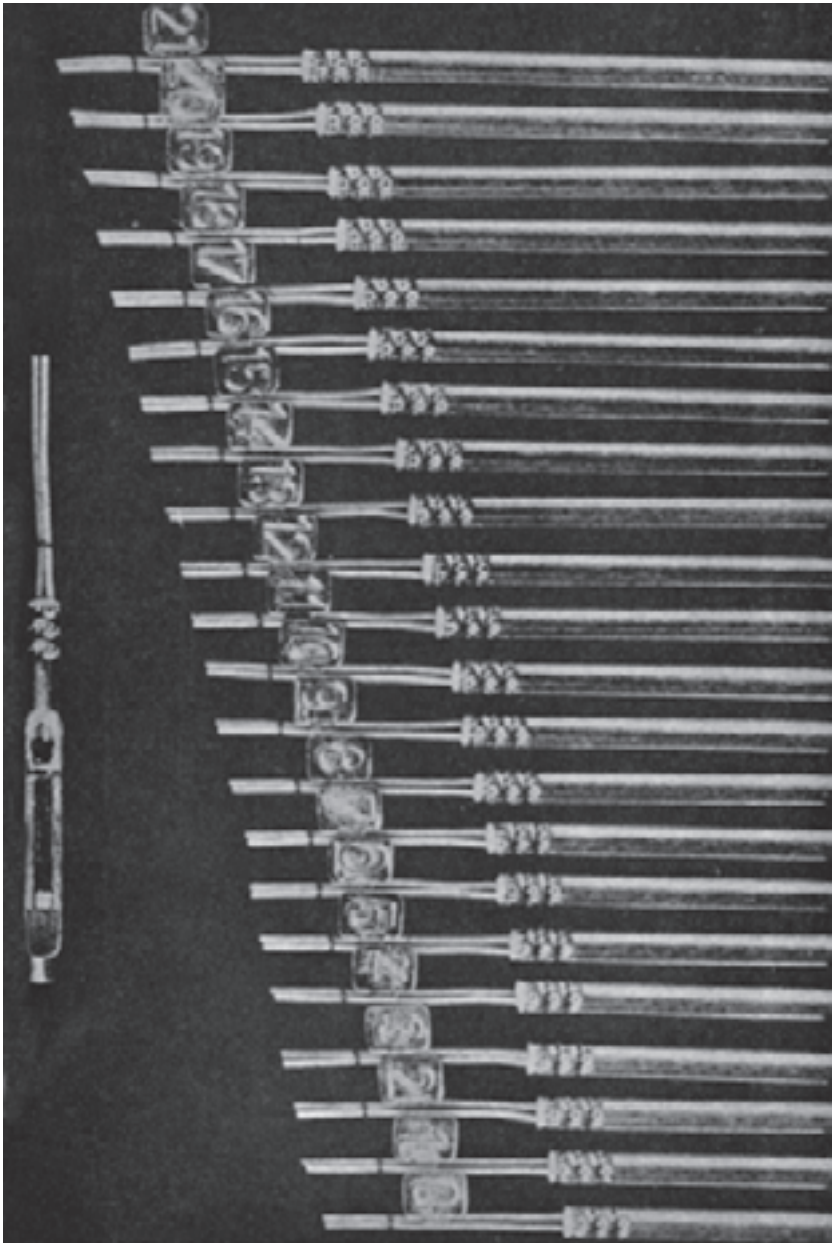
در چاشنی‌های کم تأخیری و تأخیری بعد از وصل شدن به جریان برق زمانی اندک طول

می‌کشد تا چاشنی منفجر شود. این زمان را «زمان تأخیر چاشنی» می‌نامند. در ساختمان این چاشنی‌ها

پس از این که مقاومت‌های سرچاشنی گرم شد، خرج تأخیردهنده باید بسوزد تا آتش به خرج اصلی

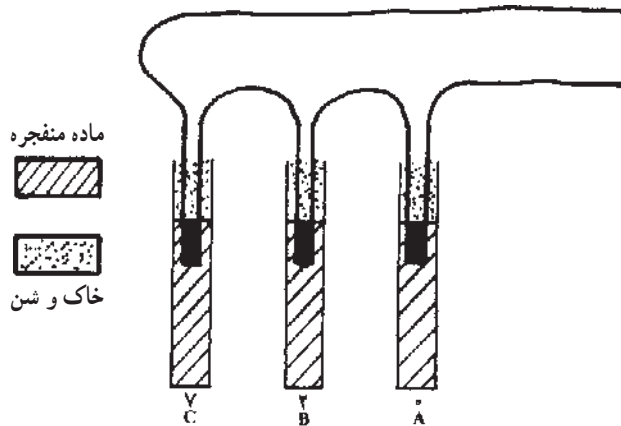
چاشنی برسد و این امر نیازمند گذشت زمان است.

هرچه زمان تأخیر بیشتر باشد، طول چاشنی زیادتر می‌شود (شکل ۳۷-۷). چاشنی‌های تأخیری و کم تأخیری با شماره‌ای مشخص می‌شوند که در ته پوکه آنها و برچسب متصل به سیم چاشنی نوشته شده است. هر شماره چاشنی زمان تأخیر خاصی دارد که از طرف کارخانه سازنده مشخص می‌شود؛ مثلاً طبق جدول ۱-۷ چاشنی کم تأخیری شماره ۲ نیترونوبل ۲۰ میلی ثانیه بعد از



شکل ۳۷-۷- سری چاشنی‌های برقی تأخیری از شماره صفر تا ۲۱- ساخت چکسلواکی ۱۶۹

وصل جریان برق و چاشنی شماره ۷ آن ۷۹ میلی ثانیه بعد از وصل جریان برق منفجر خواهند شد. اگر فرض کنیم مطابق شکل ۳۸-۷ سه عدد چال را با چاشنی‌های نمره صفر، ۲ و ۷ کم تأخیری نیرو و نوبل خرج‌گذاری و منفجر کنیم، چال A به محض وصل جریان برق منفجر می‌شود؛ چال B در زمان ۲۰ میلی ثانیه بعد از چال A و چال C در زمانی برابر ۵۹ میلی ثانیه بعد از چال B منفجر خواهد شد.



شکل ۳۸-۷- سه نوع چاشنی برقی کم تأخیری در یک مدار انفجار

اگر سه چال A و B و C با چاشنی‌های تأخیری نمره ۲، ۳، ۴ نیترونوبل خرج‌گذاری شوند، با ملاحظه زمان تأخیر مربوط به هر یک که از جدول ۲-۷ استخراج می‌شود، چال A در زمانی برابر ۱ ثانیه بعد از وصل جریان برق، چال B در زمان ۱/۵ ثانیه و چال C در زمان ۲ ثانیه بعد از وصل جریان برق منفجر می‌شوند. جدول‌های ۱-۷ و ۲-۷ شماره و زمان تأخیر تعدادی از چاشنی‌های کم تأخیری و تأخیری چند کارخانه را نشان می‌دهند. به طوری که در این جدول‌ها می‌بینید اختلاف زمان بین هر دو شماره متوالی در چاشنی‌های کم تأخیری کمتر از  $\frac{1}{1000}$  یا  $\frac{1}{10000}$  ثانیه و در چاشنی‌های تأخیری برابر  $\frac{5}{1000}$  ثانیه یا  $\frac{5000}{10000}$  ثانیه است.

برای این که آشکاران شماره چاشنی را بسرعت تشخیص دهند، معمولاً سیم‌های آنها را به رنگ‌های متفاوت می‌سازند؛ مثلاً رنگ سیم چاشنی در چاشنی‌های فوری ساخت نیترونوبل خاکستری، سفید و در چاشنی‌های میلی ثانیه یا کم تأخیری زرد، سبز و خاکستری و سبز و در چاشنی‌های تأخیری زرد و قرمز است. چاشنی‌های کم تأخیری را با علامت MS مخفف Milli Second به معنای هزارم ثانیه و چاشنی تأخیری را با علامت HS مخفف Half Second به معنای نیم ثانیه نیز

نشان می‌دهند. شدت جریان لازم برای انفجار چاشنی‌های برقی تا ۱/۵ آمپر است اما برای موارد خاص، چاشنی‌هایی ساخته شده است که تا شدت جریان ۳۰ آمپر برای انفجار لازم دارند.

## مطالعه آزاد

جدول ۱-۷- انواع چاشنی‌های کم تأخیری و زمان تأخیر آنها به هزارم ثانیه

کارخانه سازنده				شماره چاشنی
انگلیس ICI	دوپونت امریکا	اطلس امریکا	نیترونیل سوئد	
۰	۰	۰	۰	۰
۲۵	۲۵	۱۱	۹	۱
۵۰	۵۰	۲۵	۲۰	۲
۷۵	۷۵	۵۰	۳۰	۳
۱۰۰	۱۰۰	۷۵	۴۰	۴
۱۴۰	۱۲۵	۱۰۰	۵۱	۵
۱۸۰	۱۵۰	۱۲۵	۶۵	۶
۲۲۰	۱۷۵	۱۵۰	۷۹	۷
۲۶۰	۲۰۰	۱۷۵	۹۴	۸
۳۰۰	۲۵۰	۲۰۰	۱۰۶	۹
۳۵۰	۳۰۰	۲۵۰	۱۲۰	۱۰
۴۰۰	۳۵۰	۳۰۰	۱۳۴	۱۱
۴۶۰	۴۰۰	۳۵۰	۱۴۸	۱۲
۵۳۰	۴۵۰	۴۰۰	۱۶۱	۱۳
۶۲۰	۵۰۰	۴۵۰	۱۷۴	۱۴
۷۱۰	۶۰۰	۵۰۰	۱۸۸	۱۵
۸۰۰	۷۰۰	۵۵۰	۲۰۲	۱۶
۹۰۰	۸۰۰	۶۵۰	۲۱۵	۱۷
۱۵۰۰	۹۰۰	۷۵۰	۲۲۹	۱۸
-	۱۰۰۰	۸۷۵	۲۴۲	۱۹
-	-	۱۰۰۰	۲۵۶	۲۰

جدول ۲-۷- انواع چاشنی‌های تأخیری و زمان تأخیر آنها به ثانیه

کارخانه سازنده				شماره چاشنی
انگلیس ICI	دوپونت امریکا	اطلس امریکا	نیترو نوبل سوئد	
۰	۰	۰	۰	۰
۰/۵	۰/۰۲	۰/۵	۰/۵	۱
۱	۰/۳	۱	۱	۲
۱/۵	۰/۵	۱/۵	۱/۵	۳
۲	۰/۷	۲	۲	۴
۲/۵	۱	۲/۵	۲/۵	۵
۳	۱/۶	۳	۳	۶
۳/۵	۳	۳/۵	۳/۵	۷
۴	۳/۸	۴	۴	۸
۴/۵	۴/۶	۴/۵	۴/۵	۹
۵	۵/۵	۵	۵	۱۰
۵/۵	۶/۴	۵/۵	۵/۵	۱۱
۶	۷/۴	۶	۶	۱۲
-	۸/۵	۶/۵	-	۱۳
-	۹/۶	۷	-	۱۴
-	۱۰/۸	۷/۵	-	۱۵
-	۱۲	-	-	۱۶

طول سیم چاشنی برقی باید به اندازه‌ای باشد که بتواند همراه خرج به درون چال برود و آن قدر از دهانه چال بیرون باشد که به آسانی بتوان آن را به چاشنی مجاور وصل کرد؛ مثلاً در یک معدن که عمق چال‌ها ۵ متر و فاصله آنها از هم سه متر است، طول سیم چاشنی دست کم برابر  $۶/۵$  متر است:

$$۵ + \frac{۳}{۲} \quad ۶/۵$$

چنانچه سیم چاشنی به این اندازه نباشد، باید سیم جدید به آن افزوده شود؛ در این صورت لازم است محل اتصال کاملاً عایق بندی شود.

۲-۴-۷- مراحل آتشکاری با چاشنی برقی:

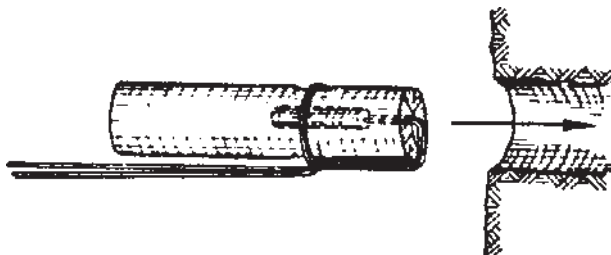
- باید قبل از آتشکاری از سلامتی چاشنی اطمینان حاصل کرد. برای این کار رعایت اصول

انبارداری امری الزامی است. با این حال هنگام مصرف تنها آزمایشی که می‌توان انجام داد، این است که به کمک یک اهم متر (مقاومت‌سنج) مشخص کنیم آیا جریان از چاشنی عبور می‌کند یا خیر. در صورتی که جریان برق از چاشنی عبور نکند، باید از مصرف این چاشنی خودداری کرد اما اگر جریان برق از آن عبور کند احتمال سالم بودن چاشنی زیاد است. چنانچه در عمل، چاشنی اخیر منفجر نشود، حتماً انبارداری ناقص بوده یا عمر مفید چاشنی تمام شده است. در این صورت باید از مصرف سایر چاشنی‌ها خودداری شود. اضافه می‌کنیم که باید حتماً از اهم متر مخصوص آشکاری استفاده کرد. کارکردن با اهم مترهای رادیوسازی و برقکاری اکیداً ممنوع است. نوعی از اهم متر آشکاری را در شکل ۳۹-۷ می‌بینید.



شکل ۳۹-۷ اهم متر ساخت نیترونوبل سوئد

– دینامیت را سوراخ می‌کنند و چاشنی برقی را درون آن می‌گذارند؛ سپس سیم چاشنی را یک یا دو دور به دینامیت گره می‌زنند و گره را محکم می‌کنند. سیم چاشنی نباید آن قدر محکم کشیده شود که به عایق بندی سیم لطمه وارد آید (شکل ۴۰-۷).



شکل ۴۰-۷ قرار دادن چاشنی برقی در دینامیت



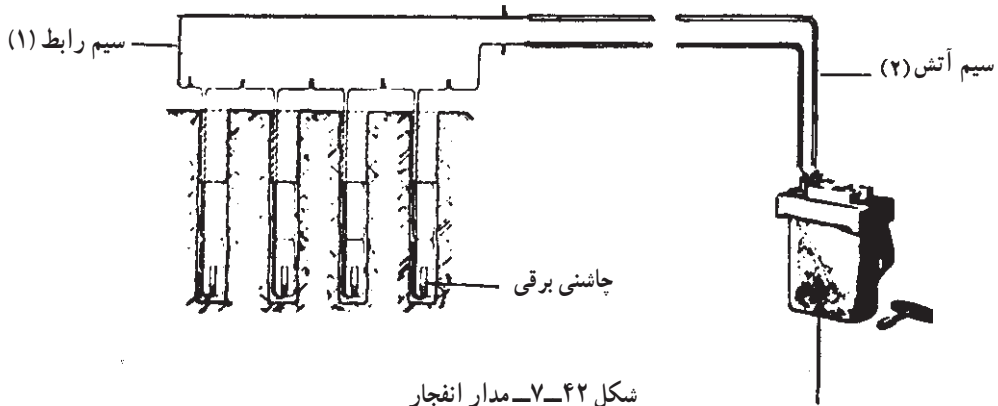
– این فشنگ برای قرار گرفتن در چال آماده است. در هنگام این کار، سیم چاشنی باید در یک طرف قرار گیرد و به دور فشنگ پیچیده نشود و مراقبت کافی صورت گیرد که سیم خراشیده نشود (شکل ۴۱-۷).



شکل ۴۱-۷- قرار دادن فشنگ چاشنی‌دار در چال

– هنگام قراردادن فشنگ‌های دیگر دینامیت و گل‌گذاری برای بستن دهانه چال، باید دقت شود که به عایق سیم چاشنی لطمه‌ای وارد نیاید.

– پس از خرج‌گذاری چال‌ها، چاشنی‌ها را که در حقیقت هریک مقاومت الکتریکی خاصی دارند، به هم وصل می‌کنند و به کمک یک یا دو قطعه سیم دیگر آنها را نزدیک منبع برق که در محلی امن قرار دارد، می‌برند. این سیم‌ها «سیم رابط» و «سیم آتش» نام دارند. کل مجموعه چاشنی‌ها، سیم رابط، سیم آتش و منبع برق را «مدار انفجار» می‌نامند (شکل ۴۲-۷). باید دقت شود که تمام اتصال‌ها بخوبی عایق بندی گردند.



شکل ۴۲-۷- مدار انفجار

۳- مدار انفجار را آزمایش می کنند. آزمایش مدار انفجار شامل محاسبه مقاومت مدار و اطمینان از عایق بودن مدار است که در جای خود آن را توضیح خواهیم داد.

۴- پس از اطمینان از صحت مدار، آشکار جریان برق را وصل می کند.

۵- بعد از وصل جریان برق، چاشنی های فوری بلافاصله منفجر می شوند اما در چاشنی های کم تأخیری و تأخیری خرج تأخیردهنده شروع به سوختن می کند تا نوبت انفجار یکایک آنها برسد. لازم به توضیح است که با اولین انفجار، جریان برق به مدار قطع می شود و اگر منبع برق ماشین های آتش کن برقی باشد، زمان ورود جریان به مدار انفجار حدود  $\frac{4}{1000}$  ثانیه است. در این مدت کلیه چاشنی ها اعم از فوری و تأخیری و کم تأخیری آتش می گیرند و دیگر نیازی به برق ندارند اما نوبت انفجار آنها متفاوت خواهد بود.

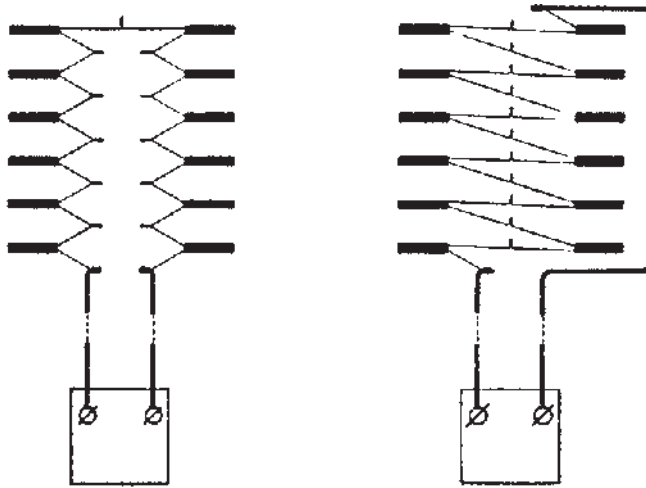
۳-۴-۷ به هم بستن چاشنی ها: بعد از خرج گذاری هر چال و بستن دهانه آنها، دو رشته سیم مربوط به چاشنی برقی خارج از چال قرار دارد. اما در عملیات آشکاری تنها با یک چال روبرو نیستیم؛ بلکه تعداد چال ها ممکن است به ۱۰۰۰ تا یا بیشتر هم برسد و در عمل پس از پایان خرج گذاری با هزاران رشته سیم رنگارنگ سروکار خواهیم داشت. چاشنی ها را باید با این سیم ها به هم بست. اکنون می توان چاشنی های برقی را به منزله مقاومت الکتریکی تصور کرد و بستن آنها به هم بر اساس قوانین اهم و کیرشهف صورت می گیرد. روش به هم بستن چاشنی ها به صورت های زیر است:

**الف- به هم بستن چاشنی ها به روش سری:** در این روش، یک سیم از یک چاشنی به سیمی از چاشنی مجاور وصل می شود. سیم دوم چاشنی اخیر به سیم اول چاشنی سوم متصل می گردد. این کار در مورد همه چاشنی ها ادامه می یابد و سرانجام دو رشته سیم آزاد یکی از چاشنی اولی و دیگری از چاشنی آخری باقی می ماند (شکل ۴۳-۷).

اگر  $r$  مقاومت یک چاشنی به اهم  
 $R_1$  مقاومت سیم رابط به اهم  
 $R$  مقاومت کل مدار به اهم  
 $n$  تعداد چاشنی‌ها  
 $R_2$  مقاومت سیم آتش به اهم  
 $I$  شدت جریان مدار به آمپر  
 $V$  اختلاف پتانسیل الکتریکی به ولت باشد، روابط زیر را خواهیم داشت:

$$R = R_1 + R_2 + nr$$

$$V = RI$$



شکل ۴۳-۲- به هم بستن چاشنی‌ها به طریق سری

مثال ۱:  $30$  عدد چاشنی برقی هر یک با مقاومت  $2/1$  اهم به صورت سری به هم وصل شده‌اند و به کمک  $30$  متر سیم مسی دولا که دارای مقاومت  $0.33/0$  اهم بر متر است، به منبع برق متصل می‌شوند. اگر شدت جریان لازم برای انفجار چاشنی‌ها  $1/5$  آمپر باشد، اختلاف پتانسیل لازم را حساب کنید.

راه حل: در این پرسش سیم رابط و سیم آتش یکجا به صورت  $300$  متر سیم دولا است. چون مقاومت هر متر سیم  $0.33/0$  اهم است، پس:

$$R_1 = 2 \times 300 \times 0.33 = 1/98 \quad \text{اهم}$$

$$R = R_1 + nr \quad \text{مقاومت کل مدار:}$$

$$R = 1/98 + (30 \times 2/1) = 64/98 \quad \text{اهم}$$

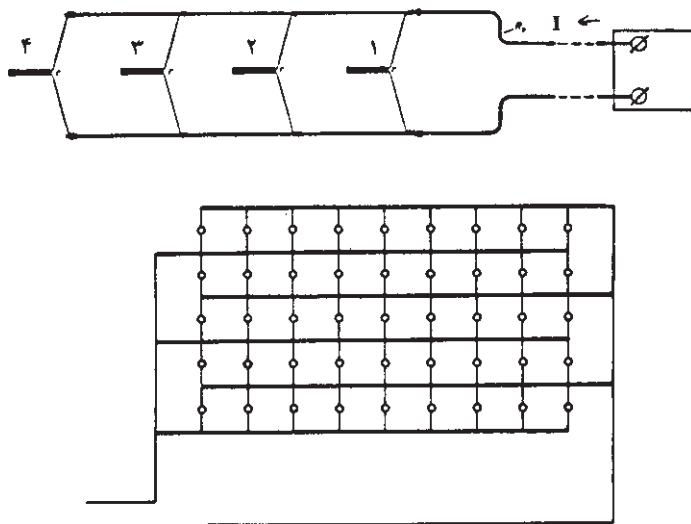
$$V = 64/98 \times 1/5 = 94/47 \quad \text{ولت}$$

اگر از برق مستقیم (D.C.) برای انفجار چاشنی‌ها استفاده می‌شود، رقم به دست آمده را  $1/5$  تا  $2$  برابر می‌کنند و اگر برق متناوب (A.C.) وارد مدار انفجار می‌شود، رقم محاسبه شده را برای اختلاف پتانسیل  $2$  تا  $3$  برابر می‌کنند. در مسأله بالا اگر برق D.C. به کار رود، اختلاف پتانسیل لازم  $142$  تا  $189$  ولت و اگر برق متناوب (A.C.) باشد، اختلاف پتانسیل لازم  $189$  تا  $283$  ولت است.

مثال ۲: محاسبات بالا را در یک مدار سری با مشخصات زیر تکرار کنید:

تعداد چاشنی‌ها  $40$  عدد، مقاومت یک چاشنی  $2/2$  اهم، شدت جریان لازم  $1/2$  آمپر، مقاومت سیم رابط  $3$  اهم، مقاومت سیم آتش  $5$  اهم.

ب- به هم بستن چاشنی‌ها به روش موازی: در این روش، با یک سیم همه چاشنی‌ها به هم بسته می‌شوند و سیم دیگر چاشنی‌ها نیز به هم متصل می‌گردند. سرانجام دو رشته سیم خواهیم داشت که باید با کمک سیم رابط و سیم آتش به منبع برق وصل شوند (شکل ۴۴-۷).



شکل ۴۴-۷- به هم بستن چاشنی‌ها به طریق موازی

معمولاً در این روش اتصال، زمانی پیش می‌آید که فاصله چال‌ها از هم زیاد باشد. اگر  $i$  شدت جریان لازم برای انفجار یک چاشنی باشد، شدت جریان کل و مقاومت کل مدار از روابط زیر محاسبه می‌شود:

$$I = ni$$

$$R = R_1 + R_2 + \frac{r}{n}$$

مثال ۱: ۱۰ عدد چاشنی برقی هر یک به مقاومت ۲/۵ اهم به روش موازی به هم بسته شده اند. شدت جریان لازم برای انفجار هر چاشنی ۱/۸ آمپر، مقاومت سیم رابط ۳/۴ اهم و مقاومت سیم آتش ۱۵/۲ اهم است. اختلاف پتانسیل الکتریکی لازم را حساب کنید.

$$R = \frac{3}{4} + \frac{2}{5} + \frac{2}{5} = 1.85 \text{ اهم}$$

$$I = 10 \times \frac{1}{8} = 1.25 \text{ آمپر}$$

$$V = RI = 1.85 \times 1.25 = 2.3125 \text{ ولت}$$

در این حالت هم اگر از برق D.C. استفاده شود، اختلاف پتانسیل لازم ۲۳۹ تا ۳۱۸ ولت و اگر از برق A.C. استفاده شود، اختلاف پتانسیل لازم ۳۱۸ تا ۴۷۸ ولت است.

مثال ۲: محاسبات بالا را برای ۱۱ عدد چاشنی که به صورت موازی بسته شده اند، تکرار کنید. مقاومت هر چاشنی ۲/۲ اهم، شدت جریان لازم ۱ آمپر و مقاومت سیم رابط و سیم آتش روی هم ۱۴/۷۸ اهم است.

ج- به هم بستن چاشنی های برقی به روش سری موازی یا مختلط: در این روش، همه چاشنی ها را به چند دسته مساوی تقسیم می کنند. چاشنی های هر دسته را به صورت سری به هم می بندند و سپس سری ها را به صورت موازی به هم وصل می کنند (شکل ۴۵-۷).



شکل ۴۵-۷

مثال ۱: ۴۰ عدد چاشنی برقی را به ۴ دسته ده تایی تقسیم می کنند. هر ۱۰ عدد را به صورت سری به هم می بندند و چهار دسته سری را به صورت موازی به یکدیگر وصل می کنند. اگر مقاومت سیم رابط و سیم آتش ۷ اهم و شدت جریان لازم برای انفجار یک چاشنی ۱/۵ آمپر باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی را محاسبه کنید. مقاومت هر چاشنی برقی ۲ اهم است.

$$10 \times 2 = 20 \text{ اهم}$$

حل: مقاومت یک مدار سری

$$20 \div 4 = 5 \text{ اهم}$$

مقاومت ۴ مدار موازی

مقاومت کل مدارها	اهم	$5+7=12$
شدت جریان لازم برای یک سری	آمپر	$1/5$
شدت جریان لازم برای کل مدارها	آمپر	$1/5 \times 4 = 6$
اختلاف پتانسیل لازم	ولت	$12 \times 6 = 72$
اختلاف پتانسیل با برق D.C.		$10.8$ تا $14.4$ ولت
اختلاف پتانسیل با برق A.C.		$14.4$ تا $21.6$ ولت

مثال ۲: محاسبات بالا را در حالتی تکرار کنید که چاشنی‌های مثال ۱ در ۵ دسته ۸ تایی به هم

وصل شوند.

۴-۴-۷- عیب‌یابی مدار انفجار: بعد از این که چاشنی‌ها به یکی از سه روش به هم بسته شدند و به وسیله سیم رابط و سیم آتش تا محل امن و پناهگاه آتشکار ادامه یافتند، قبل از این که برق را وارد مدار کنیم، می‌توانیم صحت مدار را آزمایش نماییم. با توجه به مقاومت کل مدار که از راه محاسبه به دست آمده است، اکنون مقاومت مدار را با اهم متر اندازه‌گیری می‌کنیم.

– اگر اهم متر مقاومت مدار را مساوی مقدار محاسبه با اختلاف  $\pm 5\%$  نشان دهد، مدار درست بسته شده است؛ مثلاً اگر مقاومت مدار از راه محاسبه  $20\text{ اهم}$  به دست آمده باشد، از راه اندازه‌گیری، اهم متر باید بین  $19$  تا  $21\text{ اهم}$  را نشان دهد. مقاومت محاسبه شده را با احتساب خطای  $\pm 5\%$  «مقدار مجاز» می‌نامیم.

– اگر اهم متر عددی را نشان دهد که بیش از مقدار مجاز باشد، دلیل بر این است که چند چاشنی نادرست بسته شده‌اند.

– اگر اهم متر عددی را نشان دهد که کمتر از تعداد مجاز باشد، دلیل بر این است که چند چاشنی از مدار خارج هستند یا نادرست بسته شده‌اند.

– اگر اهم متر عددی را نشان دهد که خیلی بیشتر از مقدار مجاز است، دلیل بر نادرست بودن مدار است و اگر اهم متر عدد بی‌نهایت را نشان دهد، دلیل بر قطع بودن مدار در یک یا چند نقطه است.

– اگر اهم متر عددی را نشان دهد که خیلی کمتر از مقدار مجاز است، دلیل بر نادرست بودن مدار یا اتصالی در مدار است.

۵-۴-۷- روش رفع عیب مدار انفجار: در صورتی که بر اساس حالت‌های یاد شده ایرادی در مدار انفجار وجود داشته باشد، باید مدار را به دو قسمت کنند و در هر دو نیمه کنترل صورت گیرد تا مشخص شود که ایراد در کدام قسمت مدار است. این قسمت را دو نیمه کرده و

دوباره عیب‌یابی می‌کنند. این کار آن قدر تکرار می‌شود تا محل معیوب مشخص گردد. سپس اقدام به رفع عیب می‌شود. از اجزای دیگر مدار انفجار که باید عیب‌یابی شود، سیم آتش و ماشین آتش کن است.

**۶-۴-۷- سیم آتش:** سیم دولای است که دور قرقره پیچیده شده است و هر بار هنگام انفجار از پناهگاه تا سیم رابط (محل چاشنی‌ها) روی زمین پهن می‌شود. سیم آتش باید کلفت و مقاوم باشد اما بر اثر برخورد با سنگ‌های نوک تیز احتمال زخمی شدن و اتصالی کردن (اتصال کوتاه) آن وجود دارد. برای پی‌بردن به عیب‌های آن باید هر ماه یک بار سیم آتش را به شرح زیر آزمایش کرد. - در یک طرف سیم آتش دو سرسیم را به اهم‌متر وصل می‌کنیم. اگر عبور جریان نشان داده نشد، سیم سالم است اما عبور جریان، دلیل بر اتصال دو رشته سیم و ایجاد مدار کوتاه است. - دو سر هر رشته سیم آتش را به اهم‌متر وصل می‌کنیم. اهم‌متر مقاومت سیم آتش را نشان خواهد داد. اگر مقاومت بیش از آن باشد، دلیل بر پارگی سیم اما نه قطع کامل آن است و اگر مقاومت بی‌نهایت نشان داده شود، دلیل بر پارگی سیم است. سیم آتش ناسالم را باید عوض کرد و از تعمیر آن چشم پوشید.

**۷-۴-۷- ماشین آتش‌کن<sup>۱</sup>:** ماشین آتش‌کن بهترین منبع تولید برق برای مدار انفجار است. این ماشین در حقیقت یک مولد جریان برق است که با گرداندن دسته‌ای برق در خازن ذخیره می‌شود و با فشار دکمه‌ای برق ذخیره شده در خازن در مدار تخلیه می‌گردد. ماشین‌های آتش‌کن ظرفیت منفجر کردن تعداد معینی چاشنی را دارند. معمولاً ظرفیت هر ماشین روی آن نوشته شده است و بخوبی می‌توان پی‌برد که یک ماشین آتش‌کن توانایی انفجار چند چاشنی در مدارهای سری، سری موازی و موازی را دارد. نظر به این که با گذشت زمان از قدرت ماشین کاسته می‌شود و این امر ممکن است به آتش شدن چند چال در عملیات آتشکاری منجر بشود، بهتر است هر ماه یک بار ماشین آتش‌کن را از نظر قدرت و کارایی آزمایش کرد. ماشین آتش‌کن را برای ۱/۵ برابر ظرفیت آن آزمایش می‌کنند. برای آزمایش ماشین، چند چاشنی در مدار می‌گذارند و به جای سایر چاشنی‌ها مقاومت الکتریکی قرار می‌دهند. ماشین باید توانایی منفجر کردن چاشنی‌ها را داشته باشد.

از جریان برق صنعتی نیز می‌توان برای انفجار چال‌ها استفاده کرد اما این کار به دلیل سیم‌کشی جداگانه، عایق‌بندی و سایر ملزومات گران تمام می‌شود. به هیچ وجه نباید از باتری ماشین یا هر باتری دیگری برای منفجر کردن چاشنی‌ها استفاده کرد. چند نوع ماشین آتش‌کن ساخت سوئد را در شکل

۷-۴۶ مشاهده می کنید. در جدول ۷-۳ مشخصات چند ماشین آتش کن برای انفجار چاشنی هایی که ۱/۵ آمپر شدت جریان برق لازم دارند، نوشته شده است.



شکل ۷-۴۶- چند نوع ماشین آتش کن برقی<sup>۱</sup> ساخت نیترو نوبل

## مطالعه آزاد

جدول ۷-۳- مشخصات تعداد ماشین آتش کن برای چاشنی های ۱/۵ آمپری

تعداد سری	تعداد چاشنی در سری	تعداد چاشنی	مقاومت سیم آتش اهم	نوع ماشین
۱	۵۰	۵۰	۱۰	CI۵۰
۶	۸۰	۴۸۰	۵	CI۱۵VA
۱	۳۰۰	۳۰۰	۱۰	CI۱۰۰VA
۲۰	۱۲۰	۲۴۰۰	۵	CI۱۰۰VA
۱۵	۱۲۰	۱۸۰۰	۱۰	CI۱۰۰VA
۱	۷۰۰	۷۰۰	۱۰	CI۲۷۵VA
۳۰	۳۰۰	۹۰۰۰	۲	CI۲۷۵VA
۶۰	۳۰۰	۱۸۰۰۰	۵	CI۷۰۰VA

۱- EXPLOSOR



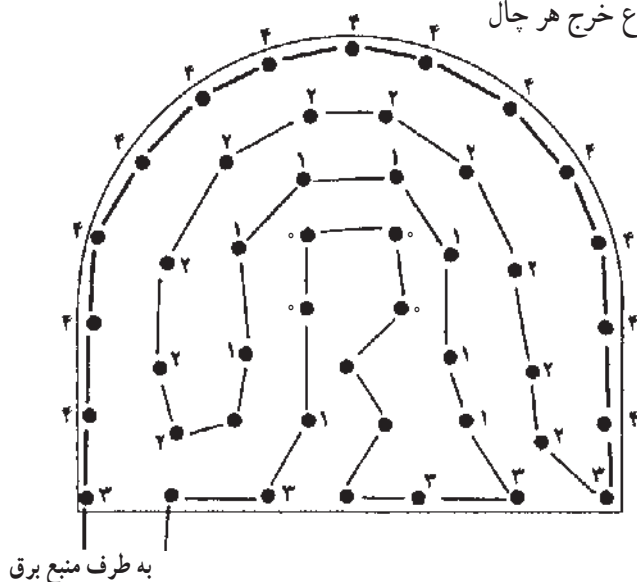
۸-۴-۷- دستور آتش: بعد از پایان عملیات خرج گذاری، عیب یابی مدار انفجار و رفع عیب های آن و اطمینان از درستی عملکرد سیم آتش و ماشین آتش کن، شخص آتشکار یا سرپرست آتشکاری در محلی امن که دور از محوطه انفجار است و سیم آتش تا آنجا کشیده شده، حاضر می شود. علائم صوتی و نوری برای اخطار به دیگران اجرا می شود تا محوطه از افراد و ماشین آلات تخلیه گردد. کلید ماشین آتش کن تنها در دست آتشکار یا سرپرست آتشکاری است. با کلید مزبور ماشین به راه می افتد و با اعلام کلمه «آتش» با صدای بلند، برق در مدار تخلیه می شود. پانزده دقیقه بعد از انفجار، سرپرست آتشکاری به تنهایی از محل بازدید می کند و در صورت انجام بدون نقص انفجار اجازه می دهد که سایر کارگران برای ادامه کار به محل بیایند. چنانچه یک یا چند چال منفجر نشده باشد تا انفجار یا تخلیه آنها کسی غیر از آتشکاران نباید در محوطه حضور یابد.

۹-۴-۷- انواع مدارهای انفجار: با وارد کردن چاشنی های کم تأخیری و تأخیری در مدار انفجار، می توان آتشکاری تأخیری را انجام داد و با ذکر این نکته که قسمت اعظم انفجارها در معادن، تأخیری است، اهمیت چاشنی های تأخیری و کم تأخیری بیشتر نمایان می شود. طرح های آتشکاری با چاشنی برقی به صورت نقشه های انفجار ارائه می گردد که مدار انفجار نیز بخشی از آن است. در نقشه انفجار اطلاعات زیر گنجانده می شود:

– محل حفر چال ها

– قطر و عمق چال ها

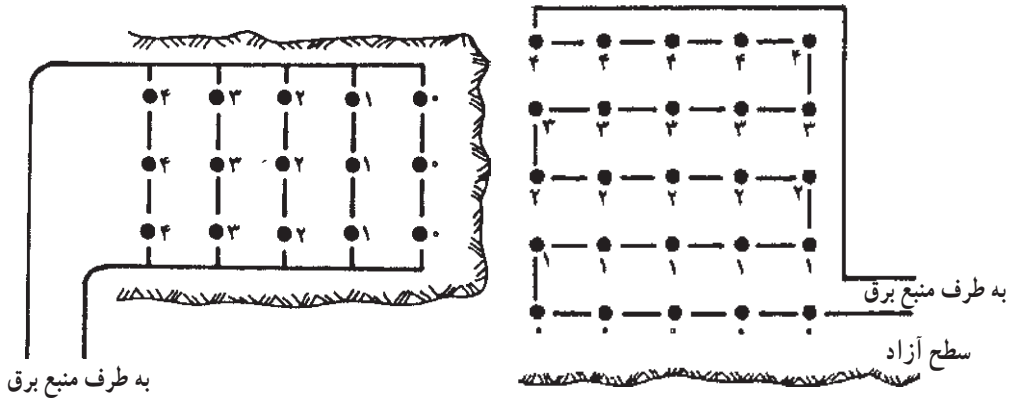
– مقدار و نوع خرج هر چال



شکل ۴۷-۷- به هم بستن سری چاشنی های برقی در حفر یک تونل چاشنی های به کار رفته از ۰ تا ۴ هستند و

تعداد آنها برابر ۳۷ عدد می باشد.

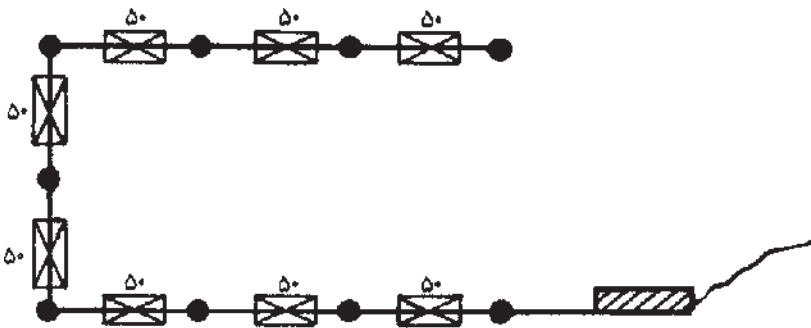
– نوبت انفجار چال‌ها به صورت عددی کنار چال نوشته شده است. این عددها که معمولاً شماره چاشنی برقی مصرفی هستند، معرف نوبت انفجار چال‌ها نیز می‌باشند. در شکل‌های زیر، چند طرح آتشکاری با چاشنی برقی را می‌بینید.



شکل ۴۹-۷- اتصال سری موازی پنج دسته سه تایی چاشنی برقی در حفر ترانشه

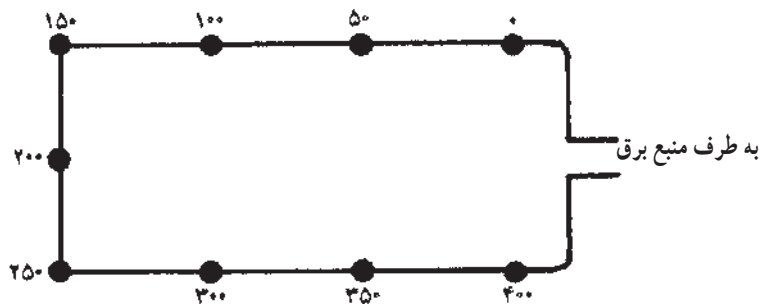
شکل ۴۸-۷- اتصال سری پنج دسته چاشنی برقی تأخیری در یک معدن روباز

نکته قابل توجه این است که تعداد تأخیرها در آتشکاری برقی محدود است؛ در حالی که با فتیله انفجاری تعداد تأخیرها می‌تواند نامحدود باشد؛ مثلاً اگر نوعی چاشنی تأخیری فتیله انفجاری ۵۰ میلی‌ثانیه به تعداد کافی در اختیار داشته باشیم، با قراردادن هر چاشنی میان دو چال متوالی تعداد زیادی چال را می‌توان با فاصله زمانی  $\frac{50}{1000}$  ثانیه از یکدیگر منفجر کرد (شکل ۵۰-۷).



شکل ۵۰-۷- انفجار تعداد زیادی چال با فاصله زمانی ۵۰ میلی‌ثانیه به وسیله فتیله انفجاری و تأخیر دهنده آن

اگر بخواهیم همین کار را با چاشنی برقی انجام دهیم، یعنی تعداد زیادی چال را با فاصله زمانی  $5^\circ$  میلی ثانیه از یکدیگر منفجر کنیم، لازم است در مدار انفجار چاشنی نمره صفر را در نخستین چال قرار دهیم و در چال‌های بعدی، چاشنی‌هایی را بگذاریم که به ترتیب  $5^\circ$ ،  $10^\circ$ ،  $15^\circ$ ،  $20^\circ$ ،  $25^\circ$  و... میلی ثانیه بعد از وصل جریان برق منفجر شوند. چون تعداد تأخیرهای چاشنی برقی محدود است، بنابراین تعداد معدودی چال را می‌توان با فاصله زمانی  $5^\circ$  میلی ثانیه از یکدیگر منفجر کرد (شکل ۷-۵۱).



شکل ۷-۵۱- انفجار تعدادی چال با فاصله زمانی  $5^\circ$  میلی ثانیه به وسیله چاشنی برقی کم تأخیری. چون تعداد چاشنی‌ها محدود است تعداد چال‌ها نیز محدود خواهد بود.

#### ۱-۴-۷- احتیاط‌های لازم در کاربرد چاشنی برقی:

– برای انواع چاشنی‌ها شدت جریان لازم تعیین شده است و برای هر سری از آنها شدت جریان مورد نظر را باید وارد کرد. برای چاشنی‌های معمولی برقی در مدار سری  $1/5$  آمپر و در مدار موازی  $5^\circ$  آمپر شدت جریان در نظر می‌گیرند.

– بهتر است تعداد چاشنی‌ها در سری بیش از  $5^\circ$  عدد نباشد.

– چاشنی‌های کارخانه‌های مختلف با هم در یک مدار انفجار بسته نشوند.

– در مدار موازی، مقاومت همه مدارها باید با هم مساوی باشد. نباید یک جا مثلاً  $2^\circ$  عدد

چاشنی را به صورت سری بست و در قسمت دیگر همان مدار  $3^\circ$  عدد چاشنی را سری کرد.

– کنترل چاشنی‌ها و مدار، قبل از آغاز انفجار باید با حوصله و دقت انجام گیرد.

– کلید دستگاه آتش‌کن فقط نزد شخص آتشکار است و نباید به دیگری سپرده شود.

– علائم صوتی و نوری برای اجرای آتش الزامی است.

#### ۱۱-۴-۷- مزایا و معایب آتشکاری برقی: این روش آتشکاری هم مثل سایر روش‌ها

دارای مزایا و عیب‌هایی به شرح زیر است:

## الف: مزایا

– هر چاشنی و مدار انفجار قبل از انفجار با وسایل مختلف قابل بررسی و کنترل است؛ در حالی که در مورد سایر روش‌های آتشکاری، این کار تنها با مشاهده مستقیم و ملاحظه مدار از ابتدا تا انتهای آن امکان‌پذیر است.

– انفجارهای تأخیری و کم تأخیری در وضعیت‌های مختلف میسر است.

– در چال‌های بلند، زیرآب و کارهای دقیق ژئوفیزیکی چاشنی برقی ابزار بسیار مناسبی است. برای انجام عملیات لرزه‌نگاری در ژئوفیزیک، چاشنی برقی مخصوص این کار ساخته شده است و «چاشنی لرزه‌نگاری» نام دارد.

– برای آتشکاری در معدن‌های زغال سنگ مناسب‌ترین چاشنی است؛ زیرا انفجار آن مثل فتیله اطمینان و فتیله انفجاری شعله ندارد.

– برای انفجار پرایمر (چاشنی تقویت شده) بسیار مناسب است.

– ترکیب چاشنی برقی و فتیله انفجاری وسیله‌ای بسیار مناسب برای اجرای آتشکاری‌های فوری و تأخیری در انواع عملیات استخراج معدن است.

– پس از این که جریان برق وارد مدار انفجار می‌شود، کلیه چاشنی‌ها آغاز به کار می‌کنند و برحسب شماره تأخیر، به نوبت منفجر خواهند شد. قطع جریان برق در این هنگام هیچ گونه ایرادی در کار چاشنی‌ها به وجود نخواهد آورد و اصولاً بعد از انفجار نخستین چال، جریان برق مدار حتماً قطع خواهد شد.

– عموماً ایمنی آتشکاری برقی بیش از فتیله اطمینان است.

## ب: عیب‌ها

با وجود تمام مزیت‌هایی که برای چاشنی‌های برقی برشمردیم، در بعضی موارد کارکردن با آنها غیرممکن است یا باید همراه با احتیاط شدید باشد. این موارد عبارتند از: انفجار ناخواسته چاشنی‌ها در توفان شن، توفان برف، نزدیک نوار نقاله‌های معدن که در حال کار هستند، نزدیک فرستنده رادیو تلویزیون، هنگام صاعقه و رعدوبرق، نزدیک خطوط انتقال نیرو و در معدن‌های زیرزمینی فلزی مرطوب که سیم برق به درون آن راه یافته است. اکنون شرح مختصری درباره هر یک می‌دهیم.

## مطالعه آزاد

الکتریسیته ساکن: توفان شن، توفان برف، حرکت نوار نقاله و حتی ریختن آنفو در چال موجب تشکیل الکتریسیته ساکن می‌شود. در چنین فضایی اگر کارگر معدن چاشنی را در دست داشته باشد و در این حالت، سیم چاشنی با زمین اتصال پیدا کند، ممکن است جریان برق از چاشنی عبور کند و آن را منفجر نماید. برای خرج گذاری در این شرایط، آشکار باید میله‌ای آهنی را در زمین فرو کند و مقداری آب در پای آن بریزد؛ سپس سیم مسی را به یک دست خود و سر دیگر آن را به میله‌ای فلزی ببندد. در این حالت می‌گویند که آشکار اتصال زمین شده است. سپس سیم چاشنی را به آرامی روی زمین پهن کند و اتصالی‌ها را به گونه‌ای انجام دهد که جریان برق از چاشنی عبور نکند.

امواج الکترومغناطیسی: فرستنده‌های رادیو تلویزیون و رادار، امواج الکترومغناطیسی را منتشر می‌کنند که ممکن است موجب انفجار بی‌موقع چاشنی برقی شود. در چنین شرایطی یا نباید از چاشنی برقی استفاده کرد یا مطابق جدول ۴-۷ فاصله ایمنی را رعایت کرد. گفتن این نکته ضرورت دارد که فاصله ایمنی فرستنده‌های انفرادی سیار واک-تاکی از چاشنی برقی ۳۰ متر است.

جدول ۴-۷- فاصله ایمنی چاشنی برقی از فرستنده‌های A.M.

قدرت ایستگاه فرستنده به وات	حداقل فاصله ایمنی به متر
۴۰۰۰	۲۳۰
۵۰۰۰	۲۶۰
۱۰۰۰۰	۳۹۶
۲۵۰۰۰	۶۱۰
۵۰۰۰۰	۸۵۰

برق سرگردان: در معدن‌هایی که لوازم برقی مثل پمپ آب، جرثقیل، بادبزن تهویه و لامپ‌های روشنایی به کار رفته و مخصوصاً در معدن‌های فلزی مرطوب، امکان نشت جریان برق در معدن زیاد است؛ زیرا بدنه معدن به دلیل فلزی بودن و رطوبت و وجود ریل و لوله و نظایر آن هادی جریان برق است و چون عایق‌بندی اتصالی‌ها بخوبی انجام نمی‌گیرد یا پس از مدتی کارایی خود را از دست می‌دهد، احتمال وجود برق سرگردان

زیاد است. اگر مدار انفجار با این برق تماس پیدا کند، ممکن است چاشنی برقی بی‌موقع منفجر شود. برای جبران عیب‌های ناشی از برق سرگردان باید اقدامات زیر را انجام داد:

– در صورت لزوم جریان برق معدن قطع شود.

– تمام دستگاه‌های برقی معدن مثل پمپ و جرثقیل اتصال زمین شوند.

– سرلخت سیم چاشنی‌ها نباید روی زمین بیافتد و اگر رعایت این کار مشکل است، قبل از وارد کردن چاشنی، در معدن سرلخت سیم آنها را با نوار چسب عایق‌بندی کنند و در موقع لزوم، عایق را باز کنند و اتصالی‌ها را برقرار نمایند. البته در این موقع باید کوشید که سرسیم چاشنی با زمین، ریل یا دیوار معدن تماس پیدا نکند.

صاعقه: صاعقه می‌تواند موجب انفجار چاشنی‌های برقی شود. فاصله امن

چاشنی برقی از محل رعدوبرق برای چاشنی‌های حساس ۱۱ کیلومتر و برای چاشنی غیر حساس ۷ کیلومتر است. اخیراً دستگاهی ساخته شده که خطرناک بودن صاعقه را با علامت‌های صوتی و نوری نشان می‌دهد. چنانچه کاربرد چاشنی برقی خطرناک تشخیص داده شود، باید از آشکاری برقی صرف‌نظر کرد. فاصله محل رعدوبرق را از محل آشکاری می‌توان با کمی دقت و توجه محاسبه کرد. محاسبه بر این اساس است که نور با سرعت ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر در ثانیه و صوت با سرعت ۳۴۰ متر در ثانیه حرکت می‌کنند. اگر محل رعدوبرق از محل آشکاری  $x$  کیلومتر فاصله داشته باشد، زمان لازم برای طی کردن نور به ثانیه  $\frac{x}{300000}$  و برای صدا  $\frac{x}{34}$  است. حال از زمانی که نور برق آسمان (صاعقه) به چشم می‌خورد کرونومتر را به کار می‌اندازند و زمانی را که طول می‌کشد تا صدای رعد به گوش برسد، اندازه‌گیری می‌کنند. اگر این زمان  $t$  ثانیه باشد، رابطه زیر را خواهیم داشت:

$$\frac{x}{300000} - \frac{x}{34} = t$$

$$x \frac{102000}{299999/66}$$

$$x = 0/34 \text{ کیلومتر}$$

یعنی از هنگام مشاهده نور رعد تا شنیدن صدای آن هر چند ثانیه که طول بکشد، ضرب در عدد ۰/۳۴ می‌کنیم تا فاصله به حسب کیلومتر به دست آید؛ مثلاً اگر زمان یاد

شده ۵ ثانیه باشد، فاصله محل رعدوبرق از محل آشکاری ۱/۷ کیلومتر است. خطوط انتقال نیرو: انفجار در نزدیکی خطوط انتقال نیرو که معمولاً ولتاژ بالایی دارد، به مراقبت‌های مخصوص نیازمند است؛ زیرا جریان القایی می‌تواند چاشنی را نابهنگام منفجر کند. خطوط انتقال نیروی برق تقریباً در بسیاری از نقاط ایران وجود دارد و لازم است که چاشنی‌های برقی با فاصله‌ای مطمئن از این خطوط مورد استعمال قرار گیرند. فاصله ایمنی برای برخی از چاشنی‌ها به این شرح است:

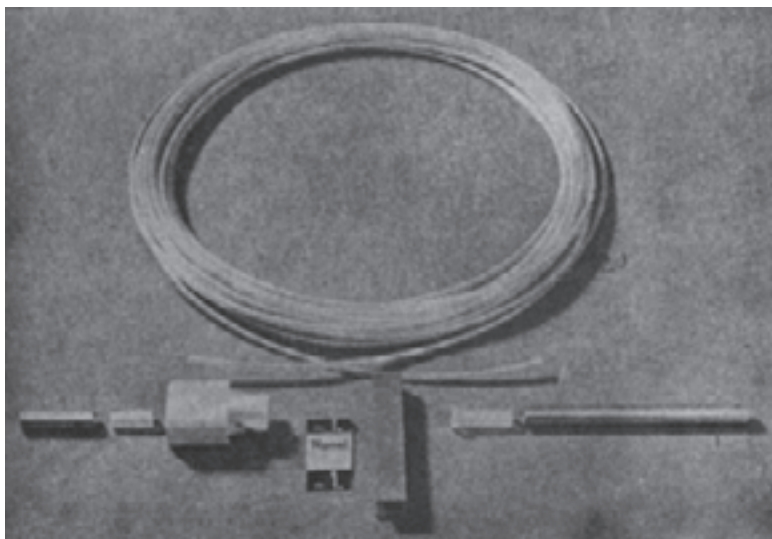
پتانسیل خط نیرو به کیلوولت (هزارولت)	فاصله چاشنی معمولی برقی به متر
۷۰	۲۰
۱۳۰	۳۰
۲۲۰	۴۰
۴۰۰	۶۰

## ۵-۷- سیستم آشکاری با نانل<sup>۱</sup>

برای اجرای آشکاری مطمئن و بدون اشکال در شرایط متفاوت روش نانل ابداع شده است. این روش هم اکنون در بسیاری از کشورهای دنیا اجرا می‌شود. در ایران نیز طرز کار آن به نمایش گذاشته شده و قرار است در آینده نزدیک از آن در معدن‌ها استفاده شود. نانل ترکیبی از حروف اول کلمات Non electric به معنی «غیرالکتریکی» است. هر واحد نانل اجزای زیر را شامل می‌شود:

- چاشنی نانل که باید خرج موجود در چال را منفجر کند و برحسب زمان انفجار به چاشنی‌های فوری، کم تأخیری و تأخیری تقسیم‌بندی می‌شود.
- لوله نانل که از جنس پلاستیکی محکم ساخته شده است. قطر خارجی لوله ۳ میلی‌متر، قطر داخلی آن ۲ میلی‌متر و وزن هر متر لوله نانل ۵/۵ گرم است. درون لوله اندودی از مواد منفجره به میزان ۰/۰۲ گرم در متر موجود است. موج انفجار درون این لوله با سرعت ۲۰۰۰ متربرثانیه حرکت می‌کند.

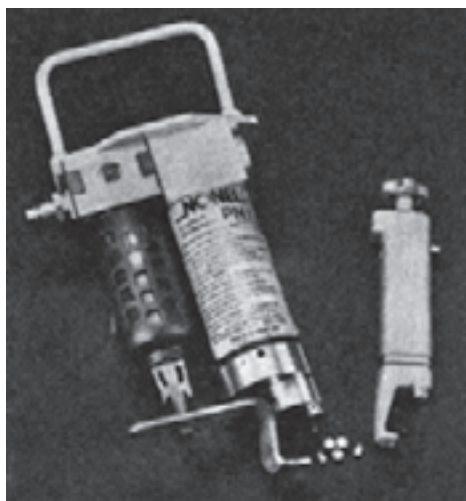
- رابط نانل که وظیفه آن متصل کردن رشته‌های مختلف نانل به یکدیگر است.



شکل ۷-۵۲ - اجزای مختلف نانل

۱- ۵- ۷- خرج گذاری و انفجار با نانل: خرج گذاری با نانل شبیه چاشنی برقی و شامل مراحل زیر است:

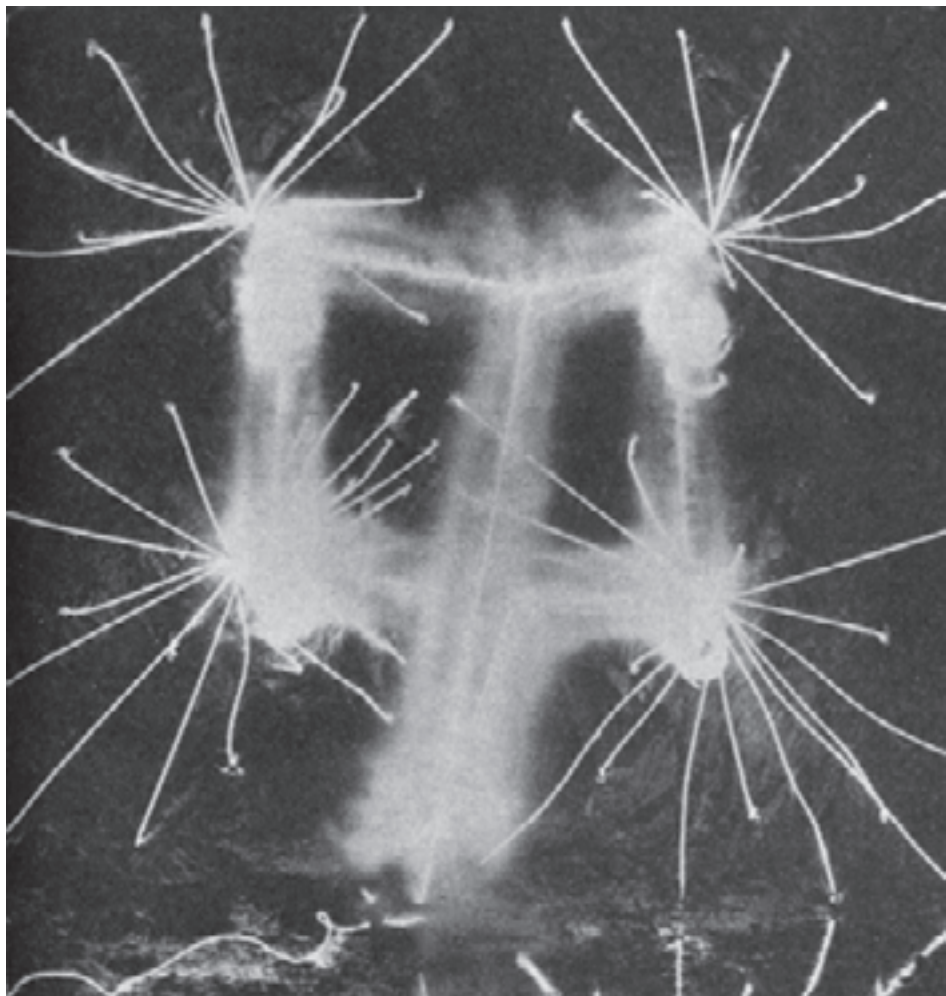
- چاشنی داخل یکی از فشنگ‌های خرج گذاشته می‌شود و در ته چال قرار می‌گیرد و لوله نانل تا بیرون ادامه می‌یابد. لوله‌های نانل با رابط مخصوصی به یکدیگر وصل می‌شوند.
- آتش زدن نانل با تفنگ مخصوصی که برای این کار ساخته شده یا با چاشنی برقی انجام می‌گیرد. تفنگ مزبور را در شکل ۷-۵۳ مشاهده می‌کنید. در شکل ۷-۵۴ سینه کار یک تونل در حال آتش شدن را با نانل می‌بینید.



شکل ۷-۵۳- تفنگ مخصوص آتش کردن نانل



۲-۵-۷- مزایای نانل: نانل برای انواع آتشکاری‌ها مناسب است و هر جا که شرایط موجود، آتشکاری با چاشنی برقی یا فتیله انفجاری را ممنوع کند، کاربرد نانل خالی از اشکال است. نانل ضدآب و در محیطی تا درجه حرارت  $+5^{\circ}$  درجه سانتی‌گراد قابل مصرف است.



شکل ۵۴-۷- سینه کار یک تونل در حال آتش شدن با نانل

## مطالعه آزاد

### ۶-۷- آتشکاری ثانویه

آتشکاری ثانویه یعنی عمل کردن بر سنگ‌هایی که به علت اندازه بزرگشان در عملیات بعدی مثل خاک برداری - انتقال و خرد کردن خلل ایجاد می‌کنند. جابجا کردن تکه سنگ‌های بزرگ معمولاً بسیار گران تمام می‌شود و هدف همه آتشکاری‌ها باید جلوگیری از انجام آتشکاری ثانویه باشد. طراحی و اجرای دقیق آتشکاری ممکن است نیاز به آتشکاری ثانویه را به حداقل کاهش دهد. با آنکه جلوگیری از ایجاد تکه سنگ‌های بزرگ در عملیات آتشکاری اجتناب‌ناپذیر است باید این مشکل در عملیات آتشکاری در نظر گرفته شود.

روش آتشکاری تکه سنگ‌های بزرگ توسط یک یا چند چال انفجاری انجام می‌شود. این چال یا چال‌های انفجاری طوری حفاری می‌شوند که ماده منفجره در مرکز توده سنگ بزرگ جا بگیرد. برای این کار لازم است که این چال یا چال‌ها کمی عمیق‌تر از نصف ضخامت تکه سنگ باشند.

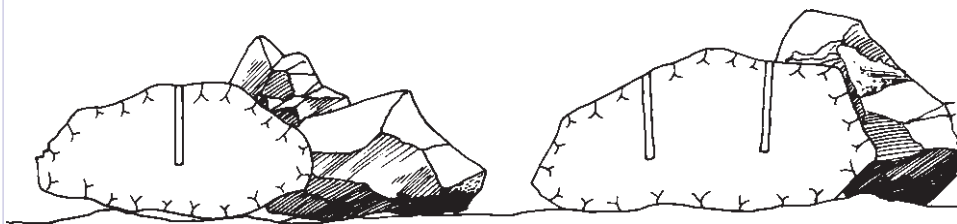
همان طوری که می‌دانیم این تکه سنگ‌ها ناشی از آتشکاری هستند بنابراین در خلال انفجار در معرض فشار انفجار قرار گرفته‌اند و تعداد زیادی ترک‌های میکروسکوپی دارند بنابراین نسبتاً راحت‌تر از سنگ‌های طبیعی خرد می‌شوند.

جهت آتشکاری تکه سنگ‌هایی که از انفجار بوجود آمده‌اند خرج ویژه حدود  $0.06 \text{ kg/cu.m}$  مورد نیاز است.

### آتشکاری ثانویه

اندازه تکه سنگ متر مکعب	ضخامت تکه سنگ متر	عمق چال حفاری متر	تعداد چال حفاری	خرج کیلوگرم برای هر چال
۰/۵	۰/۸	۰/۴۵	۱	۰/۰۳
۱	۱/۱	۰/۵۵	۱	۰/۰۶
۲	۱/۱	۰/۵۵	۲	۰/۰۶
۳	۱/۵	۰/۸۰	۲	۰/۰۹

هنگامی که چند چال انفجاری در یک قطعه سنگ حفر می‌شوند. آتش کردن باید با چاشنی‌های فوری یا چاشنی‌هایی با شماره تأخیر یکسان انجام شود.



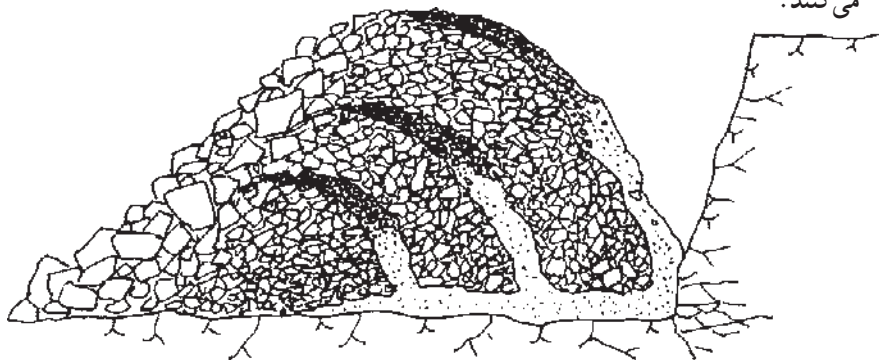
شکل ۷-۵۵- آتشکاری ثانویه

### ۷-۷- تورم

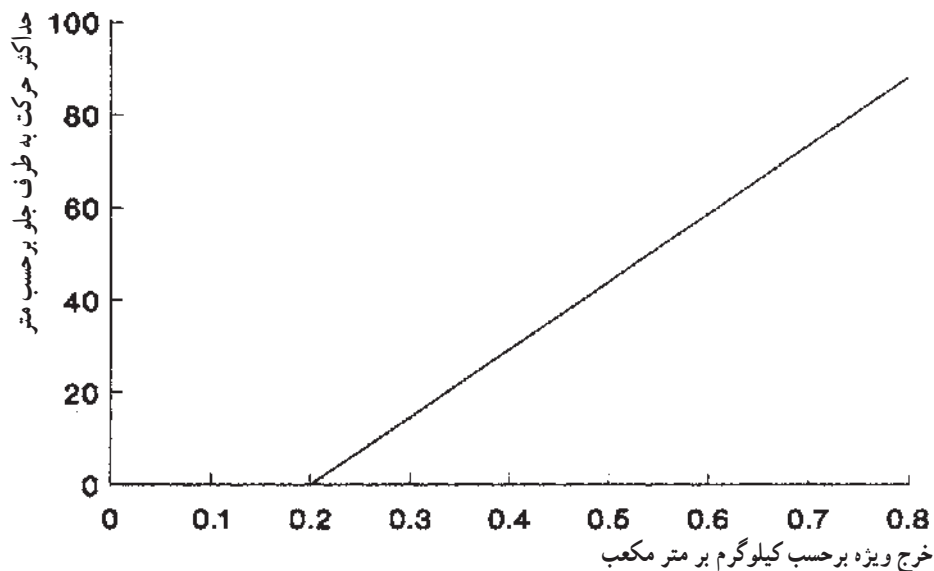
هنگامی که سنگ بر اثر انفجار خرد می‌شود، حجم آن بطور قابل توجه‌ای تا ۵۰٪ افزایش می‌یابد و این عمل تورم نامیده می‌شود. افزایش حجم سنگ نیاز به فضای بیشتری دارد و اگر فضای کافی در جلو وجود نداشته باشد سنگ‌ها به سمت بالا حرکت می‌کنند.

اگر توده منفجر شده قبلی حمل نگردد خرج ویژه باید افزایش یابد. طبق نظریه لانتزفورس در کتاب آتشکاری سنگ، خرج ویژه زیادتر برای بلند کردن توده سنگ در شیب چال‌های ۱: ۲ برابر با (ارتفاع پله)  $k \times 4\%$  است. اگر شیب چال تند مثلاً ۱: ۳ باشد خرج ویژه باید بیشتر و به  $k \times 8\%$  برسد. به علاوه، ارتفاع پله نباید بلند باشد در پله‌های بلند باید از خرج ویژه بیشتری استفاده کرد تا تورم را جبران و از پرتاب سنگ جلوگیری کند.

برای انفجارهای با طول زیاد، قاعده عملی وجود دارد که ارتفاع تورم در آن قابل توجه است و آن زمانی است که طول آتشکاری از ۵۰٪ پهنای آن بیشتر باشد. آتشکاران ماهر برای جبران تورم از افزایش خرج‌گذاری در ردیف‌های عقبی استفاده می‌کنند.



شکل ۷-۵۶



شکل ۵۷-۷- ماکزیمم حرکت به سمت جلو به عنوان یک تابع از خرج ویژه

## ۸-۷- پرتاب سنگ

در آتشکاری پله باید میان دو نوع حرکت سنگ تفاوت قائل شد. اول حرکت توده اصلی سنگ به سمت جلو که اساساً افقی است و دوم سنگ‌هایی که از محل انفجار پراکنده می‌شوند.

حرکت به سمت جلو توده منفجر شده به خرج ویژه بستگی دارد. تحقیقات انجام شده به وسیله اسودفو (SVEDEFO)<sup>۱</sup> نشان می‌دهد که خرج ویژه  $2^\circ$  کیلوگرم بر متر مکعب (kg/cu.m) سبب حرکت سنگ به سمت جلو نمی‌شود بلکه فقط سنگ را می‌شکند.

خرج ویژه معمولی  $4^\circ$  (kg/cu.m) سنگ را  $2^\circ$  تا  $3^\circ$  متر به سمت جلو حرکت می‌دهد که این عمل در جابجایی معمولی توده سنگ مورد انتظار است. همچنین حرکت اندک به سمت جلو یک توده زیر یا سخت برجا می‌گذارد که به سختی خاکبرداری یا بارگیری می‌شود زمانی که حرکت به سمت جلو زیاد شود توده منفجر شده را پخش می‌کند و در نتیجه باعث افزایش هزینه بارگیری می‌شود. حرکت به سمت جلو توده سنگ بندرت خطری در عملیات آتشکاری ایجاد می‌کند، اما در صورت عدم محاسبه درست موجب زحمت می‌شود.

Swedish Detonic Research foundation

۱- مؤسسه تحقیقات آتشکاری کشور سوئد

سنگ‌های پرتابی، سنگ‌هایی هستند که از آتشکاری دفع شده‌اند و تمایل به رفتن به فاصله دورتر را دارند و علت اصلی حادثه در محل و خسارت به تجهیزات از عمل این سنگ‌ها ناشی می‌شود.

سنگ‌های پرتابی اکثر ناشی از یک طراحی نادرست یا خرج گذاری غلط هستند. تحقیقات انجام شده از سوی اسودفو<sup>۱</sup> نشان می‌دهد که حداکثر پرتاب سنگ‌های دفع شده تابعی از قطر چال انفجاری است که برای خرج ویژه داده شده معتبر می‌باشد.

$$L_{\max} \text{ برحسب متر} = 260 \left( \frac{d}{25} \right)^{\frac{2}{3}}$$

d برحسب میلی‌متر

## خودآزمایی

- ۱- مراحل آتشکاری چیست؟
- ۲- ابزارهای آتشکاری را نام ببرید.
- ۳- برای انفجار خرج ته چال چه مواردی لازم است؟
- ۴- انواع فتیله اطمینان را ذکر کند.
- ۵- مراحل آتشکاری با فتیله اطمینان و چاشنی معمولی را شرح دهید.
- ۶- موارد ایمنی حین کار با فتیله اطمینان چیست؟
- ۷- هر کدام از وسایل آتش زدن فتیله اطمینان را نام برده و نحوه کار آن را شرح دهید.
- ۸- انواع آتشکاری با فتیله اطمینان را نام ببرید و شرح دهید.
- ۹- آتشکاری با فتیله انفجاری و مراحل آن را شرح دهید.
- ۱۰- آتشکاری تأخیری با فتیله انفجاری را شرح دهید.
- ۱۱- احتیاط‌های لازم در کاربرد فتیله انفجاری چیست؟
- ۱۲- مزایا و معایب فتیله انفجاری چیست؟
- ۱۳- آتشکاری با چاشنی برقی را شرح دهید.
- ۱۴- ساختمان داخلی چاشنی برقی را شرح دهید.
- ۱۵- انواع چاشنی برقی را برحسب زمان انفجار نام ببرید.
- ۱۶- مراحل آتشکاری با چاشنی برقی را شرح دهید.

- ۱۷- انواع روش‌های به هم بستن چاشنی‌ها را نام برده شرح دهید.
- ۱۸- عیب‌یابی مدار انفجار چگونه صورت می‌گیرد؟
- ۱۹- سیم آتش و ماشین آتش‌کن چیست؟
- ۲۰- مزایا و معایب آشکاری برقی چیست؟
- ۲۱- سیستم آشکاری با نانل را شرح دهید و مزایا و معایب آنها را بگویید.

### مطالعه آزاد

- ۲۲- آشکاری ثانویه را توضیح دهید.
- ۲۳- تورم چیست؟
- ۲۴- علل پرتاب سنگ در آشکاری را بررسی نمایید.