فصل پنجم

چاشنی‌ها و فتیله‌ها

هدف‌های رفتاری: در پایان این فصل هنرجو باید بتواند :

۱ــ چاشنی‌ها را دسته‌بندی نماید.

۲ــ فتیله‌ها را دسته‌بندی نماید.

۳ــ روش‌های اتصال فتیله‌ها را بررسی نماید.

۱ــ۵ــ چاشنی‌ها[۱]

آشنایی : مواد منفجره کُند مثل باروت را می‌توان به کمک شعله فتیله اطمینان یا کبریت، منفجر کرد، اما مواد منفجره قوی مثل دینامیت‌ها، برای انفجار، علاوه بر شعله به یک ضربه اولیه نیز احتیاج دارند که به کمک چاشنی‌ها انجام می‌گیرد.

۱ــ۱ــ۵ــ مواد تشکیل‌دهنده چاشنی‌ها : موادی که چاشنی‌ها از آن ساخته می‌شوند باید دارای این خاصیت باشند که به آسانی در اثر شعله یا حرارت منفجر شوند. مهم‌ترین موادی که در ساختن چاشنی‌ها به‌کار می‌روند، عبارتند از :

الف ــ فولمینات جیوه[۲] $[Hg(CNO)]$:این جسم را از ترکیب جیوه، اسید نیتریک و اتیل‌الکل تهیه می‌کنند. وزن مخصوص آن به حالت پودری بین ۱/۲۲ تا ۱/۲۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب است و هنگامی که با فشاری برابر ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع فشرده شود، وزن مخصوص آن ۳/۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب خواهد شد و فقط در چنین حالتی است که تجزیه آن به صورت انفجار است. نقطه اشتعال این جسم ۱۶۰ تا ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد است.

فولمینات جیوه نسبت به اصطکاک نیز خیلی حساس است و در اثر کوچک‌ترین مالشی منفجر می‌شود. رطوبت نیز در خواص آن مؤثر است و هنگامی که میزان رطوبت آن به ۳ درصد برسد،

---

۱ ــ Detonators (Blasting Caps)

۲ ــ Mercuric Fulminate

خاصیت انفجار خود را ازدست می‌دهد. دمای ناشی از انفجار فولمینات جیوه حدود ۴۴۰۰۰ درجه سانتی‌گراد، میزان گازهای حاصل ۳۱۵ لیتر به ازای کیلوگرم و سرعت انفجار آن ۴۸۵۰ متر در ثانیه است.

ب ــ ازتور سرب[1] (PbN_6): این جسم از اثر اسید هیدرونیتریک بر سرب به دست می‌آید و ماده منفجره‌ای بسیار قوی و حساس است به‌طوری که انفجار مقدار اندک آن نیز انرژی زیادی تولید می‌کند.

این جسم دراثر انفجار به سرب و ازت تجزیه می‌شود و سرعت و دمای انفجار زیاد است.

ازتور سرب به صورت پودر متبلور سفیدرنگی است که وزن مخصوص آن ۴/۳۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب است. در آب سرد نامحلول است و در آب گرم به مقدار کم حل می‌شود. حساسیت آن در برابر حرارت زیاد و نقطه اشتعال آن ۳۳۰ درجه سانتی‌گراد است و در درجه حرارت ۳۹۰° به‌طور ناگهانی منفجر می‌شود.

این جسم در مقایسه با فولمینات جیوه، به حالت فشرده در برابر شعله حساسیت کمتری دارد و در برابر رطوبت نیز مقاوم‌تر است.

میزان حرارت ناشی از انفجار ازتور سرب ۳۶۷ کالری برگرم، حجم گازهای حاصل ۳۰۸ لیتر بر کیلوگرم و سرعت انفجار آن ۴۸۰۰ متر در ثانیه است.

ج ــ تتریل $[C_6H_2(NO_2)_3HCH_3_NO]$: این جسم، متبلور، زردرنگ و نقطه اشتعال آن ۱۹۰ تا ۱۹۴ درجه سانتی‌گراد است. تتریل در حجم کم نیز انفجار قابل ملاحظه‌ای تولید می‌کند. وزن مخصوص آن درحالت عادی حدود یک گرم بر سانتی‌متر مکعب است و بعد از فشرده شدن به‌حد ۱/۶۸ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌رسد.

میزان حرارت ناشی از انفجار تتریل ۱۱۶۳ کالری بر گرم، حجم گازهای حاصل ۷۴۰ لیتر بر کیلوگرم و سرعت انفجار آن در حدود ۷۴۰۰ متر در ثانیه است.

د ــ تری‌نیترو رزورسینات سرب (T.N.R.C)[2] ــ این جسم به رنگ زرد طلایی و متبلور است و در مجاورت هوا تیره می‌شود. وزن مخصوص آن ۳/۰۱ گرم بر سانتی متر مکعب و از نظر شیمیایی و مکانیکی پایدار است. حساسیت این جسم در برابر ضربه نسبت به سایر مواد یادشده کمتر ولی حساسیت آن در برابر اصطکاک نسبتاً زیاد است.

---

۱ ــ Lead azide

۲ ــ Lead trinirtoresorcinate

۲ــ۱ــ۵ــ انواع چاشنی‌ها :چاشنی‌ها به انواع زیر تقسیم می‌شوند :

ــ چاشنی معمولی.

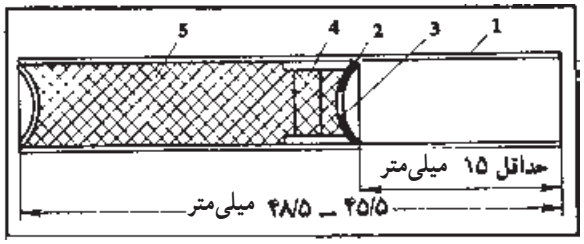
ــ چاشنی الکتریکی فوری.

ــ چاشنی الکتریکی تأخیری.

ــ چاشنی الکتریکی با تأخیر کم.

در زیر انواع مختلف چاشنی را بررسی می‌کنیم :

الف ــ چاشنی معمولی :چاشنی معمولی از یک استوانه فلزی (معمولاً برنج یا آلومینیوم) به طول ۴۵ تا ۵۰ و به قطر ۶ تا ۷ میلی‌متر موسوم به پوکه تشکیل می‌شود (شماره ۱ در شکل ۱ــ۵).



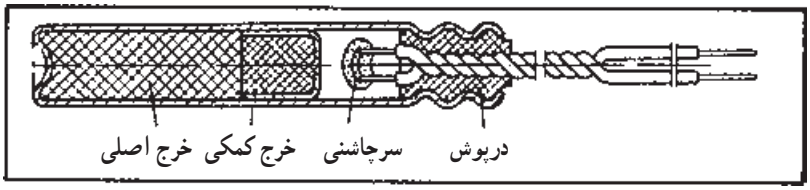
شکل ۱ــ۵ــ ساختمان چاشنی معمولی (۲)

در ته پوکه حدود یک گرم تتریل فشرده (۵) قرار دارد که خرج اصلی چاشنی را تشکیل می‌دهد. روی خرج اصلی حدود ۰/۵ گرم فولمینات جیوه و ۰/۲ گرم ازتور سرب فشرده (۴) قرار دارد و به‌وسیله پولک (۲) پوشیده می‌شود.

پولک در وسط دارای سوراخی (۳) است تا شعله فتیله اطمینان به خرج کمکی چاشنی برسد. ابتدای پوکه به اندازه حداقل ۱۵ میلی‌متر خالی‌است تا بتوان فتیله اطمینان را داخل آن قرار داد.

چاشنی معمولی را باید در محل خشک نگه‌داری کرد. معمولاً این قبیل چاشنی‌ها در قوطی‌های ۱۰۰ عددی و این قوطی‌ها را در صندوق‌هایی که گنجایش ۱۰۰ قوطی (۱۰۰۰۰ چاشنی) دارد، بسته‌بندی می‌کنند.

ب ــ چاشنی الکتریکی فوری :چاشنی الکتریکی از دو قسمت سرچاشنی و چاشنی تشکیل شده است (شکل ۲ــ۵).



شکل ۲ــ۵ــ چاشنی الکتریکی (۱۱)

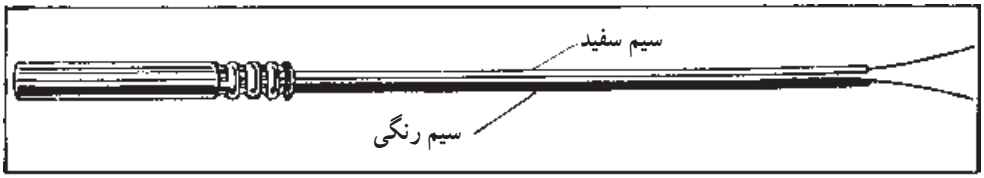
به قسمت سرچاشنی، دو رشته سیم روپوش‌دار به قطر ۰/۵ میلی‌متر وارد می‌شود که نسبت به هم عایق‌اند و در انتها به‌وسیله یک قطعه سیم کرمونیکل به یکدیگر متصل می‌شوند.

مقاومت الکتریکی این قطعه سیم زیاد است و در اطراف آن مقداری ماده مشتعل شونده قرار دارد. در زیر سرچاشنی، خرج‌های کمکی و اصلی چاشنی (مانند چاشنی معمولی) واقع‌اند و در بالاترین قسمت چاشنی یک درپوش قرار دارد. هنگامی که دو رشته سیم ورودی به سرچاشنی را، که طول هر رشته آن ۱/۵ تا ۲/۵ متر است، به جریان برق وصل کنیم، سیم کرمونیکل موجود در سر چاشنی داغ شده و باعث اشتعال ماده دور آن می‌شود و این جسم به نوبه خود باعث اشتعال وانفجار خرج‌های کمکی و اصلی چاشنی می‌شود. ماده مشتعل شونده دور سر چاشنی معمولاً از دو قشر مختلف ساخته می‌شود. لایه اول از مخلوط ۵۰٪ تیوسیانات سرب و ۵۰٪ کلرات پتاسیم و لایه دوم از مخلوط ۷۸٪ کلرات پتاسیم و ۲۲٪ زغال چوب ساخته شده است. درپوش پلاستیکی چاشنی، از ورود آب به داخل چاشنی جلوگیری می‌کند. بدین ترتیب اگر چاشنی چند ساعت هم زیر آب بماند، بازهم بدون اشکال منفجر خواهد شد.

از جمله مشخصات مهم چاشنی برقی، مقاومت چاشنی است. مقاومت چاشنی، خود مرکب از مقاومت سیم سر چاشنی و سیم‌های رابط است که این مشخصات در مورد هر نوع سرچاشنی از طرف کارخانه سازنده اعلام می‌شود. مقاومت چاشنی‌های الکتریکی با سیم فولادی ۳ تا ۶ اهم و با سیم مسی ۲ تا ۴ اهم است.

یکی دیگر از مشخصات مهم چاشنی‌ها، شدت جریان لازم جهت انفجار آنها است زیرا در صورتی که شدت جریان لازم کم باشد، گرچه حساسیت چاشنی زیادتر است، اما ممکن است به علت وجود جریان‌های القایی، خود به خود منفجر شود و حوادثی به بار آورد. به همین جهت، معمولاً این چاشنی‌ها را در دو نوع حساس و قابل اطمینان می‌سازند که اولی با شدت جریان کم (کمتر از یک آمپر) منفجر می‌شود و برای انفجار چاشنی نوع دوم باید شدت جریان زیاد (بیش از ده آمپر) به‌کار برد.

در شکل ۳ــ۵ وضعیت ظاهری یک چاشنی فوری نشان داده شده است.

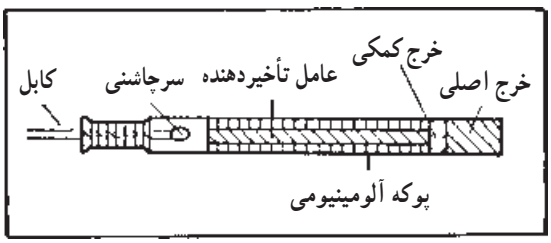


شکل ۳ــ۵ــ شکل ظاهری یک چاشنی برقی فوری

ج ــ چاشنی الکتریکی تأخیری[1]: به‌طوری که خواهیم دید، در صورتی که تمام چال‌های یک جبهه کار با هم منفجر شوند، راندمان حفر بالا نخواهد بود و بنابراین باید چال‌ها به فواصل زمانی مختلف از یکدیگر منفجر شوند. در آتشکاری با فتیله اطمینان، می‌توان با انتخاب طول‌های متفاوت برای فتیله هر یک از چال‌ها، زمان انفجار آن‌ها را تعیین کرد اما در آتشکاری با چاشنی‌های الکتریکی فوری، این امر میسر نیست.

برای این که بتوان در این نوع سیستم نیز چال‌ها را با فاصله‌های زمانی معینی منفجر کرد، از چاشنی‌های الکتریکی تأخیری استفاده می‌کنند.

چاشنی الکتریکی تأخیری ازسه قسمت سرچاشنی، عامل تأخیردهنده و چاشنی تشکیل شده است(شکل ۴ــ۵). سر چاشنی و خرج‌های کمکی و اصلی چاشنی مثل سایر چاشنی‌ها است و قسمت تأخیردهنده، جسمی است که با سرعت ثابتی می‌سوزد.

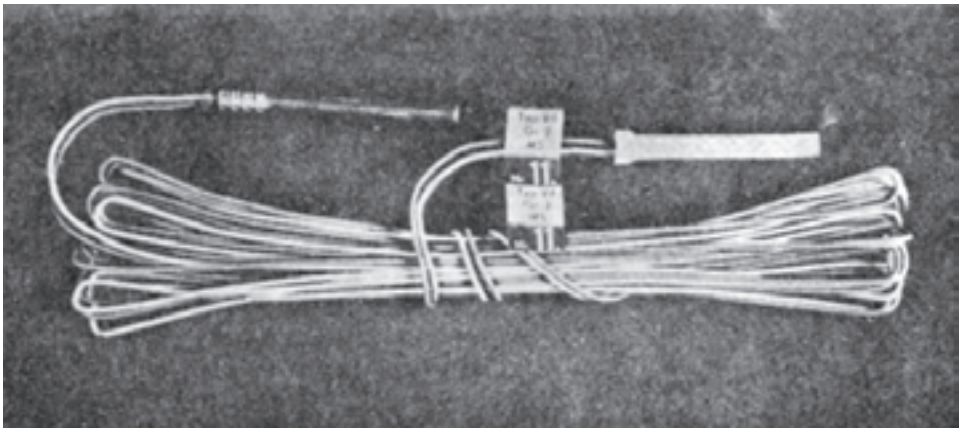


شکل ۴ــ۵ــ ساختمان چاشنی الکتریکی تأخیری (۱۱)

با انتخاب طول‌های مختلف برای قسمت تأخیر دهنده، می‌توان چاشنی‌های با تأخیر متفاوت به‌دست آورد. معمولاً چاشنی‌های تأخیری در ۱۲ شماره مختلف ساخته می‌شوند و تفاوت آن‌ها باهم نیم ثانیه است. مثلاً چاشنی شماره ۱۰، بعد از ۵ ثانیه منفجر می‌شود. برای تشخیص شماره‌های مختلف چاشنی‌های تأخیری، ته پوکه آن‌ها را به رنگ‌های مختلف رنگ می‌زنند و علاوه بر این، شماره هر چاشنی را روی پلاکی می‌نویسند و آن را به سیم رابط چاشنی متصل می‌سازند (شکل ۵ــ۵).

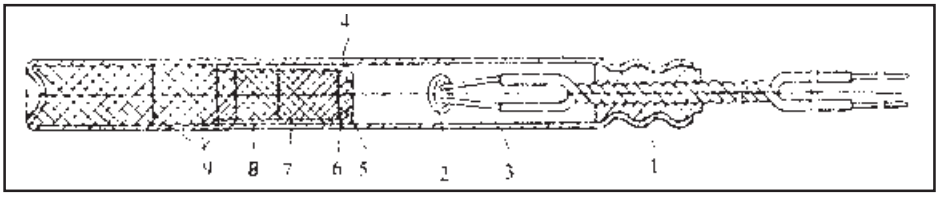
---

۱ ــ Delay electric cap



شکل ۵ــ۵ــ چاشنی الکتریکی تأخیری (۱۱)

در شکل ۶ــ۵ نیز قسمت‌های مختلف یک چاشنی الکتریکی تأخیری نشان داده شده است.



۱ــ درپوش پلاستیکی ۲ــ سرچاشنی ۳و ۵ ــ پوکه ۴ــ تور ابریشمی ۶ــ ماده مشتعل‌شونده
۷ــ عامل تأخیردهنده ۸ــ ازتور سرب با فولمینات جیوه ۹ــ خرج اصلی

شکل ۶ــ۵ــ قسمت‌های مختلف یک چاشنی تأخیری (۸)

د ــ چاشنی الکتریکی با تأخیرکم[1] : در بعضی از معادن زغال، که میزان گازخیزی آن‌ها زیاد است، در صورتی که از چاشنی‌های الکتریکی تأخیری استفاده شود، ممکن است انفجار چال‌های اول باعث تصاعد مقدار زیادی گاز شود و بدین ترتیب انفجار چال‌های بعدی، خطر انفجار گازهای متصاعد شده را دربر خواهد داشت.

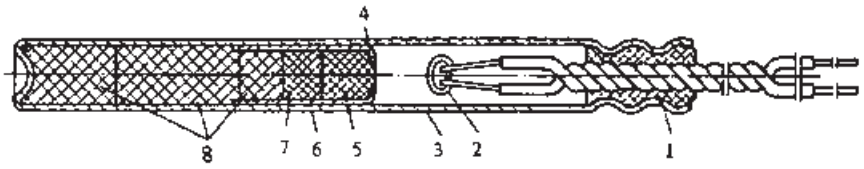
برای جلوگیری از این خطر، از چاشنی‌های با تأخیر کم استفاده می‌شود.

ساختمان این چاشنی‌ها نیز مشابه چاشنی‌های تأخیری است ولی طول قسمت تأخیردهنده در آن‌ها کمتر است. این چاشنی‌ها معمولاً در ۲۰ شماره مختلف ساخته می‌شود و فاصله زمانی بین دو شماره متوالی ۰/۰۲۵ ثانیه است. شماره این چاشنی‌ها نیز روی پلاکی که به سیم چاشنی متصل است، نوشته می‌شود.

---

۱ ــ Short delay electric cap

شکل ۷ــ۵ قسمت‌های مختلف یک چاشنی الکتریکی با تأخیر کم را نشان می‌دهد.



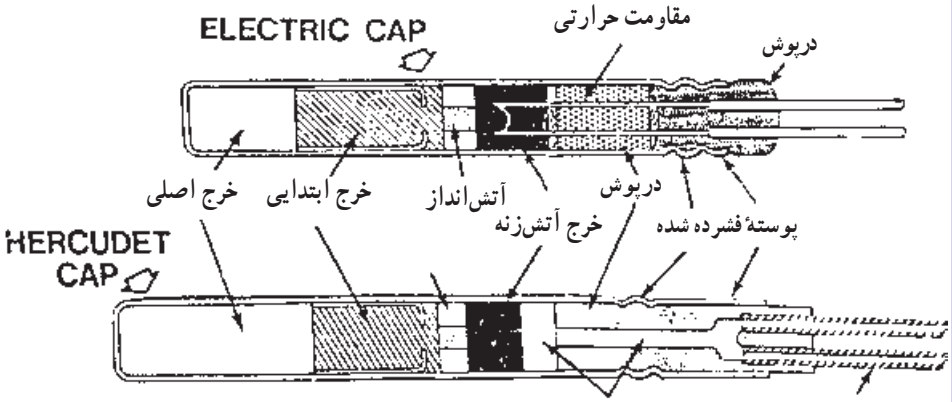
۱ــ درپوش پلاستیکی ۲ــ سرچاشنی ۳و ۶ــ پوکه ۴ــ تور ابریشمی
۵ــ عامل تأخیردهنده ۷ــ ازتور سرب ۸ــ خرج اصلی

شکل ۷ــ۵ــ قسمت‌های مختلف یک چاشنی با تأخیر کم (۸)

مطالعهٔ آزاد

هـ) چاشنی هرکودت: این چاشنی ظاهراً شبیه چاشنی برقی می‌باشد و دارای پوسته آلومینیومی است که یک طرف آن بسته و به طرف دیگرش دولوله نازک پلاستیکی وصل است. برای جلوگیری از آلودگی و انقباض سیستم در طول مدت انبارداری، لوله‌های پلاستیکی را با گاز ازت پر می‌کنند یک سر لوله‌ها به چاشنی وصل است و سر دیگرش به‌وسیله حرارت به هم آمده است و چون که ازت نمی‌سوزد هیچ‌گونه تحریکی را به داخل چاشنی اعمال نمی‌نماید. چاشنی گازی از بسیاری چاشنی برقی قوی‌تر است و به صورت تأخیری و کم‌تأخیری نیز ساخته شده است. موقع انفجار لازم است اقداماتی روی چاشنی صورت گیرد. گاز ازت از مدار خارج شده و به‌جای آن گازی قابل اشتعال در لوله‌ها وارد شود.

در شکل ۸ــ۵ ساختمان یک چاشنی الکتریکی و یک چاشنی هرکودت در کنار هم مشاهده می‌شوند، ظاهراً هر دو شبیه هم هستند اما به‌جای سیم برق در چاشنی برقی،لوله‌های هوا در چاشنی هرکودت می‌باشد.

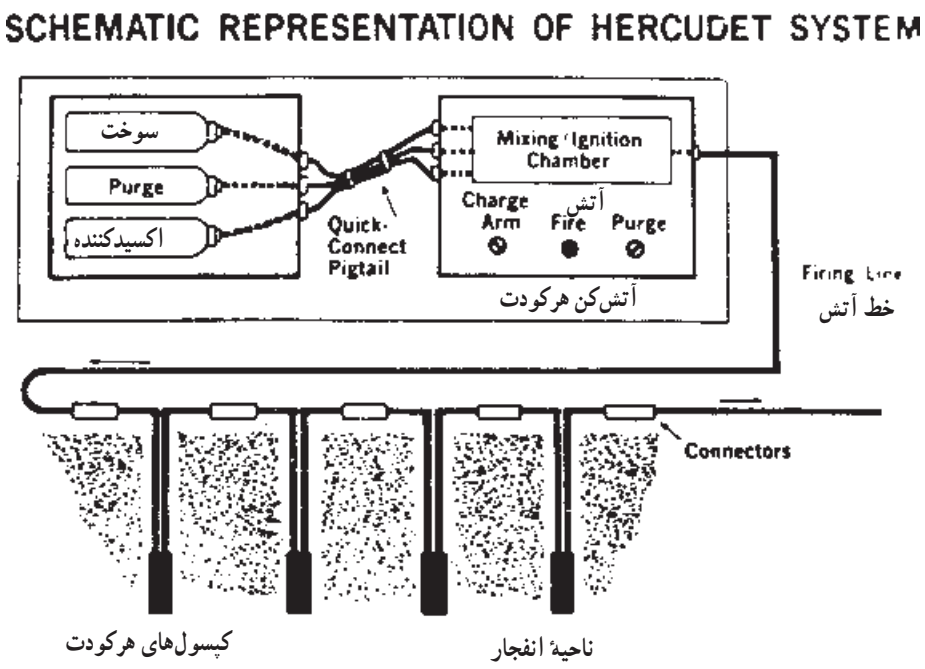


شکل ۸ ــ۵ــ ساختمان داخلی چاشنی هرکودت و چاشنی برقی درکنار یکدیگر

ماشین انفجار هرکودت، و چهار چال که با چاشنی هرکودت خرج‌گذاری شده‌اند، مشاهده می‌شود. گاز قابل اشتعال در مخزنی تهیه می‌شود که شامل اکسیدکننده و سوخت می‌باشد. این گازها در ماشین انفجار به نسبتی متناسب باهم مخلوط و در مدار وارد می‌شوند به‌نحوی که پس از اعمال جرقه، گازهای موجود در مدار آتشکاری با سرعت ۳۰۰۰ متر در ثانیه (۱۰۰۰۰ فوت در ثانیه) می‌سوزند و با رسیدن آتش به هر چاشنی، خرج تأخیری چاشنی سوخته و پس از آن خرج ابتدایی و بالاخره خرج اصلی چاشنی هرکودت منفجر می‌گردد (شکل ۱۰ــ۵) طرزکار چاشنی هرکودت پس از رسیدن آتش به آن شبیه چاشنی برقی است که پس از اعمال جریان برق و آتش گرفتن خرج دور مقاومت حرارتی مراحل مختلف سوختن بخش‌های مختلف چاشنی یکی پس از دیگری انجام می‌گیرد.

سوختن گاز داخل لوله‌های انتقال به‌قدری ازنظر انرژی ضعیف است که پس از سوختن، لوله‌های پلاستیکی سالم باقی می‌مانند و همچنین بدون سرو صدا می‌باشد. لذا تماس لوله‌های پلاستیکی هیچ‌گونه اثری روی خرج داخل چال نخواهد داشت.

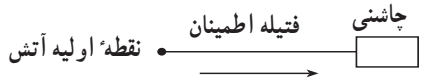
نمای شماتیک از سیستم هرکودت



شکل ۹ــ۵ــ مدار انفجار هرکودت

۲ــ۵ــ فتیله‌ها

۱ــ۲ــ۵ــ فتیله اطمینان[۱] : فتیله اطمینان برای انتقال آتش از یک نقطه به چاشنی، در طول زمان معین به‌کار می‌رود ؛ فتیله اطمینان به شکل لوله‌ای است که داخل آن باروت نرم قرار دارد و دور این هسته باروتی را چند لایه متناوب از الیاف، کنف، پنبه و نخ و قیر یا صمغ و یا پلاستیک کائوچو، مواد آسفالتی فراگرفته است.



جهت انتقال آتش از نقطهٔ اولیه آتش به چاشنی در زمان معین

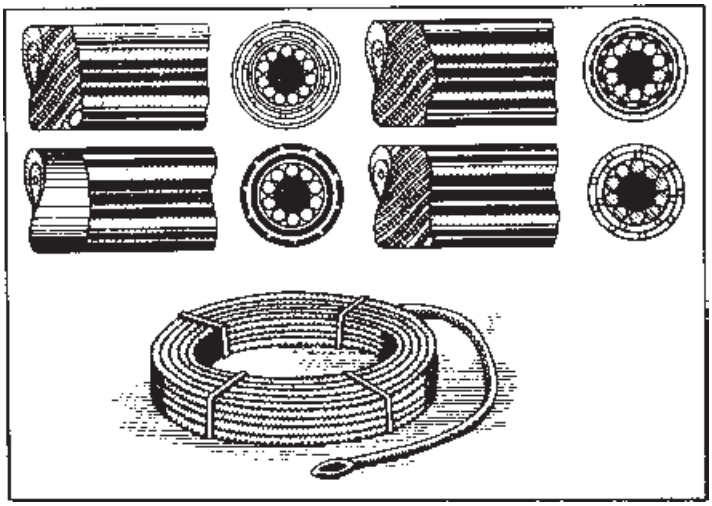
بعضی از انواع فتیله برای حفاظت در برابر آب، به‌وسیله یک پوشش پلاستیکی (کلرور پلی‌وینیل) پوشیده شده است.

انواع فتیله اطمینان برحسب جنس پوشش به شرح زیر هستند :

الف) فتیله با پوشش قیری برای مکان‌های بدون آب

۱ ــ Safty Fuse

ب) فتیله با دو بار پوشش قیری برای چال‌های مرطوب
ج) فتیله با پوشش کائوچویی برای چال‌مرطوب و نمناک
د) فتیله با پوشش پلاستیکی برای چال‌های آبدار و خیس
فتیله با پوشش پلاستیکی را فتیله ضدآب نیز می‌نامند. فتیله اطمینان برابر ۵ تا ۶ میلیمتر است (نحوه آتشکاری در فصل هفتم کاملاً شرح داده می‌شود.)



شکل ۱۰ــ۵ــ فتیله اطمینان (۲)

همانگونه که گفته شد هرگاه یکسر فتیله اطمینان را به وسیله کبریت یا هر شعله دیگر آتش بزنیم، با سرعت ثابتی شروع به سوختن می‌کند. یکی از **مهم‌ترین خواص فتیله اطمینان، ثابت بودن سرعت اشتعال** آن است و در صورتی که سرعت پیشروی در قسمت‌های مختلف آن فرق کند، فتیله معیوب است و نباید از آن استفاده کرد.

سرعت اشتعال فتیله‌های سریع حدود یک سانتی‌متر در ثانیه و از آن فتیله‌های کند، در حدود ۰/۵ سانتی‌متر در ثانیه است. قطر انواع مختلف فتیله بین ۵ تا ۶ میلی‌متر تغییر می‌کند.

فتیله‌های ضدآب را تا ۵ سال و فتیله‌های معمولی را تا یک سال می‌توان در انبار نگهداری کرد بدون اینکه در خواص آن‌ها تغییرات مهمی پدید آید.

معمولاً در کارخانه‌ها، فتیله را به‌صورت کلاف‌های ۵۰ متری تهیه کرده و آن‌ها را در جعبه‌های مخصوصی که هرکدام حاوی ۲۰۰۰ متر فتیله است، بسته‌بندی می‌کنند.

باید توجه داشت که فتیله اطمینان پس از مرطوب شدن، غیرقابل استفاده می‌شود و حتی بعد از خشک شدن نیز کاربرد آن قابل اطمینان نیست.

۱ــ۱ــ۲ــ۵ــ *مزایا و معایب فتیله اطمینان:* معایب کار با فتیله اطمینان به مراتب بیش از مزایای آن است. تنها مزیت فتیله اطمینان سهولت کار با آن است. تخصص لازم برای کار با فتیله اطمینان کمتر از سایر روشهای آتشکاری است. معایب کار با فتیله اطمینان به این قرار است :

۱ــ گاز حاصل از سوختن آن دارای مقدار زیادی منواکسیدکربن است.

۲ــ چون شخص آتشکار باید همه چال‌ها را یک به یک آتش زند و سپس به پناهگاه برود، فرصت لازم برای رسیدن به پناهگاه باید به اندازه‌ای باشد که قبل از پناه گرفتن، اولین چال منفجر نشود ؛ لذا تعداد چالهایی که با این روش آتشکاری می‌شوند، محدود است و معمولاً نباید بیش از ۸ عدد باشد .

۳ــ کنترل انفجار منحصراً با شمردن تعداد انفجارهای مسیر است. بعضی اوقات ممکن است دو یا چند چال با هم منفجر شوند یا در شمارش تعداد انفجارها اشتباهی رخ دهد. به هرصورت تا ۱۵ دقیقه بعد از انفجار نباید به محل نزدیک شد.

۴ــ در عملیات آتشکاری معادن بسیار کم پیش می‌آید که تمامی چالها در یک زمان آتش شوند بلکه مکانیزم و تکنیک انفجار ایجاب می‌کند که چالها با فواصل زمانی معینی از یکدیگر (معمولاً کمتر از ۰/۵ ثانیه) منفجر شوند و این کار با کوتاه و بلند کردن فتیله اطمینان میسر نیست ؛ زیرا هر متر فتیله اطمینان ۲۰ ثانیه خطای سوخت دارد.

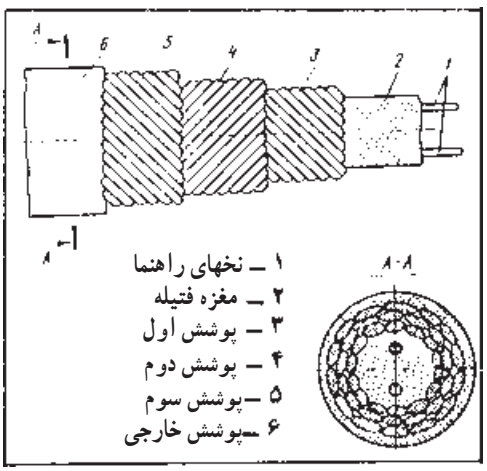
۵ــ فتیله اطمینان برای آتشکاری در زیر آب مناسب نیست.

۲ــ۲ــ۵ــ فتیله انفجاری (کورتکس)[1]: فتیله انفجاری نیز به شکل لوله‌ای است که داخل آن از مواد منفجره قوی (PETN) [2] پرشده روی این هسته مرکزی را غلافی از نخ و مواد ضدآب پوشانده است (شکل ۱۲ــ۵).

فتیله انفجاری برای انتقال انفجار از چاشنی به خرج اصلی و یا انتقال از خرجی به خرج دیگر به‌کار می‌رود.

برای آتش کردن فتیله انفجاری، از چاشنی معمولی و یا چاشنی برقی استفاده می‌شود و سرعت انفجار آن در حدود ۷۰۰۰ متر در ثانیه است.

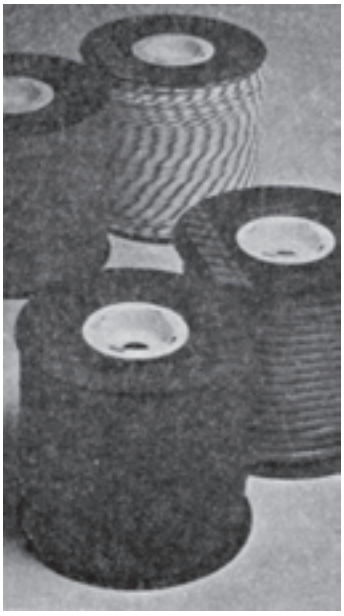
از فتیله انفجاری به‌منظور اندازه‌گیری سرعت انفجار مواد ناریه (که شرح آن قبلاً گفته شد) و نیز در مواردی که



شکل ۱۱ــ۵ــ فتیلهٔ انفجاری (۸)

۱ ــ Detonation fuse (cordtex)

۲ ــ Penta - erythritol - tetra - nitrate



شکل ۱۲ــ۵ــ چند نوع قرقره فتیله انفجاری

بخواهند مقدار زیادی مواد ناریه را منفجر نمایند، استفاده می‌شود زیرا ضربه ناشی از آن زیاد است و راندمان این مواد را بالا می‌برد.

قطر فتیله انفجاری ۴/۸ تا ۵/۸ میلیمتر است و به صورت کلاف‌هایی به‌طول ۵۰ متر بسته‌بندی می‌شود (شکل ۱۲ــ۵).

برای این که فتیله انفجاری با تأخیر منفجر شود، از وسایل تأخیر دهنده ویژه‌ای موسوم به رله‌های انفجاری استفاده می‌کنند. این رله‌ها، پوکه‌هایی است که آن را در مسیر فتیله قرار می‌دهند و معمولاً در پنج رنگ سیاه، زرد، آبی، سبز و قرمز ساخته می‌شودکه زمان تأخیر آن‌ها به ترتیب ۱۵، ۲۵، ۳۵، ۴۵ و ۶۰ میلی‌ثانیه است.

مطالعهٔ آزاد

۳ــ۲ــ۵ــ نانل: با اختراع نانل، آتشکاران آن را جانشین چاشنی‌های الکتریکی کردند چون دارای مزایای چاشنی‌های الکتریکی بود، امّا هیچ‌کدام از معایب آن را نداشت. نانل نسبت به مخاطرات الکتریکی به‌طور کامل ایمن است و زمانی که آتشکاری الکتریکی غیرممکن و غیرمجاز باشد یک محصول مطلوب به حساب می‌آید.

چاشنی نانل مثل چاشنی‌های تأخیری الکتریکی است امّا سیم‌های چاشنی و سر فیوز به‌وسیله یک لوله پلاستیکی که امواج ضربه را منتقل می‌کند، متصل شده است. انتهای لوله پلاستیکی با رسیدن امواج ضربه، عامل تأخیر در چاشنی را آتش می‌زند.

لوله پلاستیکی دارای قطر خارجی ۳ میلی‌متری است و رویه داخلی آن توسط یک ماده فعال پوشانده شده است که امواج ضربه را با سرعت ۲۰۰۰ متر بر ثانیه منتقل می‌کند. لوله پلاستیکی پس از عبور موج، سالم می‌ماند و امواج ضربه به روی آن بی‌تأثیر است.

دونوع چاشنی نانل وجود دارد.

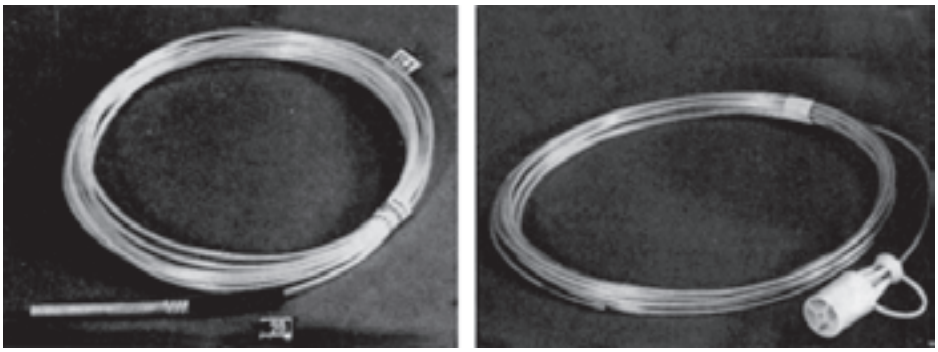
* نانل GT
* نانل یونیدت

نانل GT : رنج تأخیر چاشنی نانل GT هم در تأخیر کم، تأخیر دسی‌ثانیه و تأخیر نیم‌ثانیه موجود است. پریود تأخیر کم نانل GT/MS برای آتشکاری پله‌ای و دسی ثانیه و نیم‌ثانیه نانل GT/T برای آتشکاری در تونل به کار می‌رود.

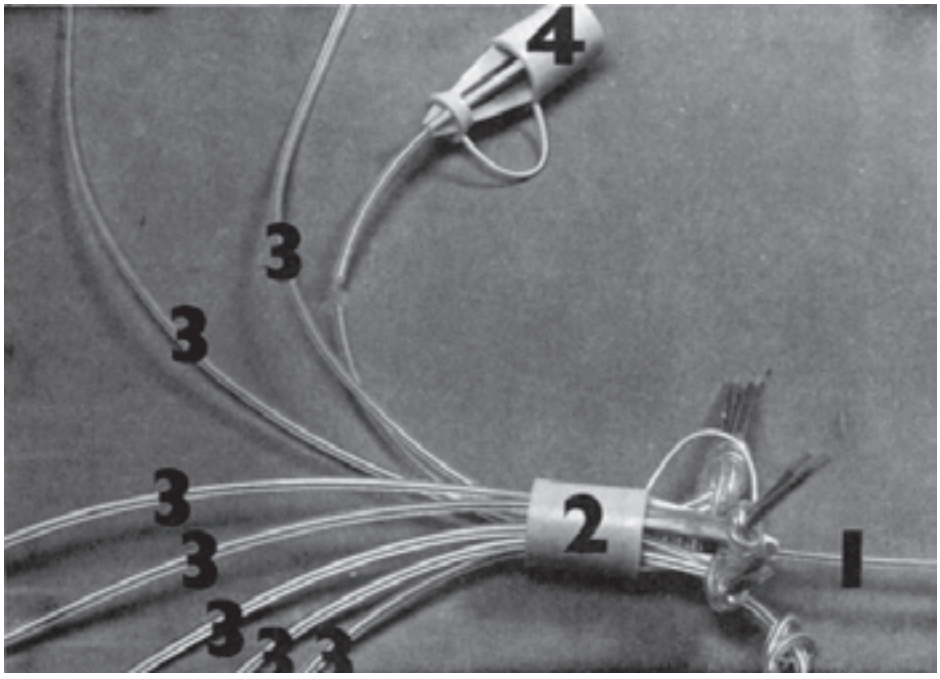
برای اتصالات و منفجر ساختن چاشنی‌های نانل، آتش کننده UBO سیستم نانل یا فتیله انفجاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

گروه آتش‌کننده UBO شامل یک لوله نانل است که انتهای آن پرس شده و چاشنی انتقال‌دهنده شوک در طرف دیگر آن است. چاشنی انتقال‌دهنده درون یک استوانه پلاستیکی جهت ارتباط به فتیله‌های نانل دیگر قرار می‌گیرد. آتش نمودن فتیله نانل باید با فتیله انفجاری با مواد کم (۵ گرم در هر متر) انجام گیرد. در آتشکاری پله‌ای لوله نانل با گیره چند تایی به فتیله وصل می‌شود و در تونل کاری لوله‌های نانل به‌صورت خوشه جمع و سپس به فتیله انفجاری وصل می‌شوند. این روش‌ها معمولاً با تأخیر بیشتری عمل می‌کند.

نانلس GT/MS را در همه سیستم‌های آتشکاری به‌کار می‌برند مانند آتشکاری تأخیری حتی میلی‌ثانیه و آتشکاری پله ای (معادنی که به‌صورت پله‌ای استخراج می‌کنند) و آتشکاری کانال‌ها و زیر آب و غیره.

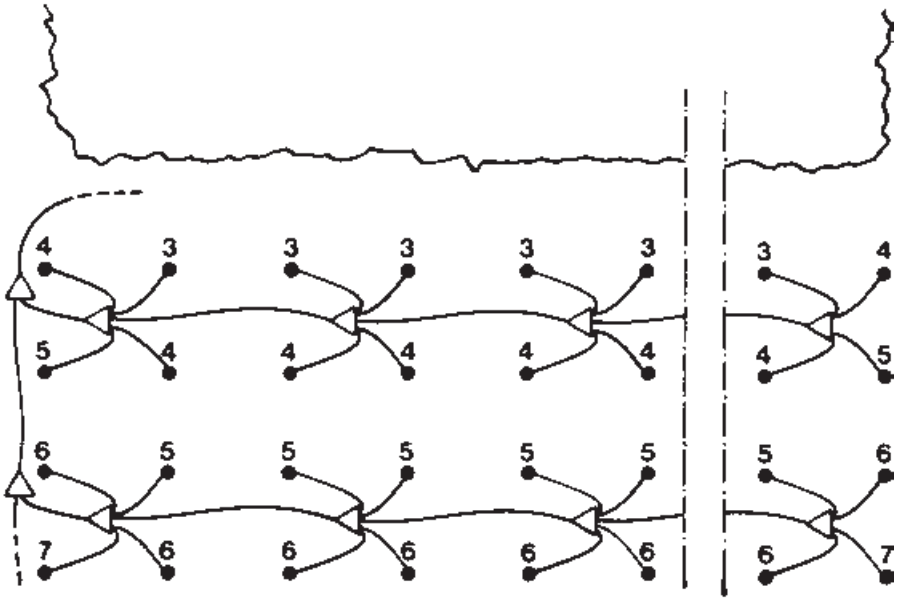


شکل ۱۳ــ۵ــ نانل UBO چاشنی نانل GT/MS

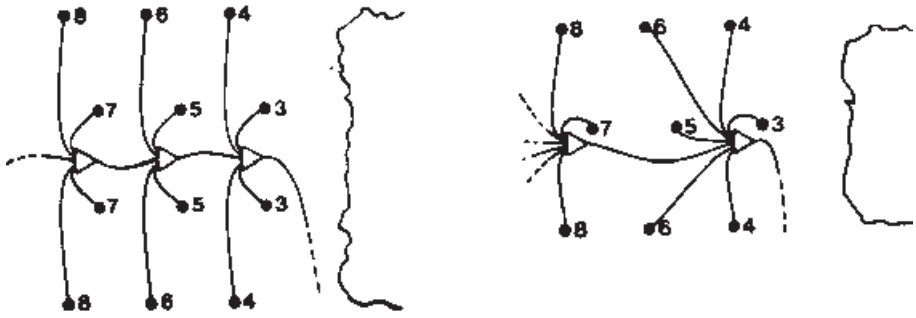


شکل ۱۴ــ۵ــ نانل GT/MS که به نانل ارتباطی UBO متصل شده است.

ارتباط‌دهنده UBO شامل یک چاشنی با قدرت نسبی $\frac{۱}{۳}$ چاشنی انفجاری شماره ۸ می‌شود که برای انفجار یا آتش زدن فتیله نانل کافی است. UBO تنها برای فتیله نانل طراحی شده است. نانل ارتباط‌دهنده، طوری طراحی شده که فتیله نانل درتماس مستقیم با چاشنی انتقال‌دهنده است. بنابراین خطر آتش نشدن را کاهش می‌دهد. زمانی که امواج ضربه از میان فتیله نانل (۱) عبور می‌کنند، به ارتباط‌دهنده (۲) می‌رسند. چاشنی منتقل کننده منفجر می‌شود و فتیله‌های مرتبط را نیز منفجر می‌کند. با این روش، موج انفجار از فتیله به چاشنی (۳) و همچنین به واحد ارتباط‌دهنده بعدی (۴) منتقل می‌شود و به‌همین نحو ادامه می‌یابد. واحد ارتباط دهنده نانل UBO اساساً برای آتش‌کاری پله‌ای طراحی شده و تا هشت فتیله نانل را می‌توان به واحد ارتباط دهنده وصل کرد.



شکل ۱۵ــ۵ــ ارتباط نانل GT/MS با UBO در آتشکاری پله

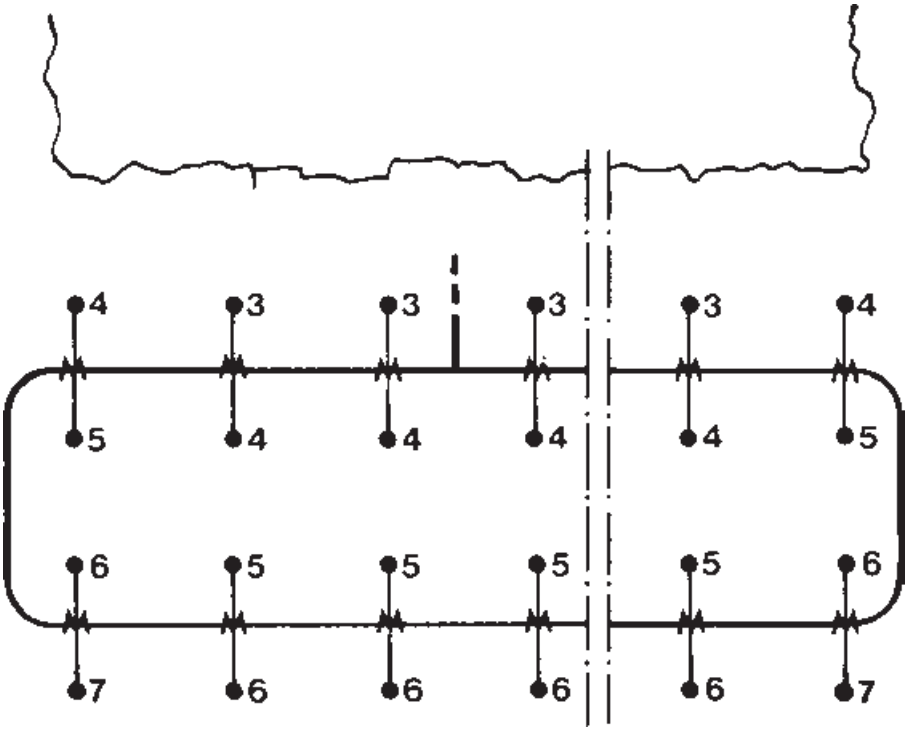


شکل ۱۶ــ۵ــ ارتباط نانل GT/MS با UBO در آتشکاری کانال

فتیله چاشنی نانل GT/MS را می‌توان به فتیله انفجاری متصل کرد. اگر صدا و موج انفجار مسئله‌ای ایجاد نکند می‌توان از فتیله انفجاری استفاده کرد که به‌طور عمود بر فتیله‌های نانل می‌گذرد و با گیره چند کاره[1] به یکدیگر وصل می‌شود.

۱ ــ MULTI CLIP

شکل ۱۷ــ۵ــ گیره اتصال فتیله انفجاری به نانل Multi Clip



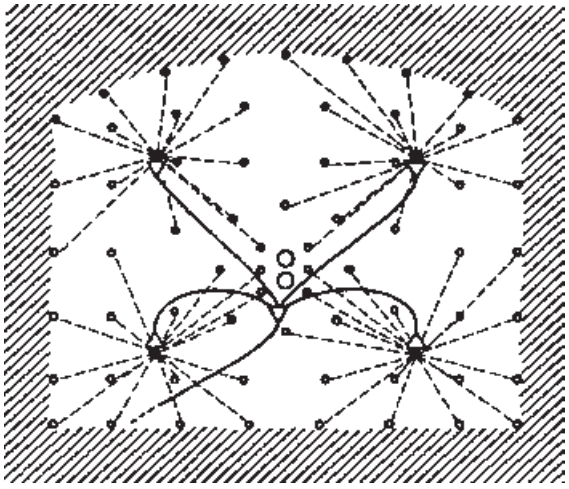
شکل ۱۸ــ۵ــ ارتباط نانل GT/MS به فتیله انفجاری

نانل GT/T انحصاراً برای آتشکاری تونل ساخته شده است. زمان تأخیر آن از سیستم نانل GT/MS طولانی‌تر است چون برای شکستن و حرکت سنگ در آتشکاری تونل به‌کار می‌رود. زمان تأخیر بین پریودها از ۷۵ میلی‌ثانیه تا ۵۰۰ میلی‌ثانیه متغیر و ۲۵ شماره پریود در دسترس است. طول استاندارد فتیله ۰/۶ متر و ۷/۸ متر است. اما

فتیله‌های طویل نیز برای موردهای بخصوص ساخته می‌شود. ساده‌ترین روش اتصال نانل GT/T استفاده از ارتباط دهنده‌های خوشه‌ای نانل است که یک حلقه فتیله انفجاری (فتیله ــ E) را به واحد ارتباط‌دهنده UBO متصل می‌کند.

ــ ***روش اتصال:*** فتیله‌های نانل باید حدود ۲ متر از عمق چال بیشتر باشد و به‌صورت یک خوشه یا دسته و حداکثر با ۲۰ فتیله در هر دسته با نوار عایق جمع و ارتباط‌دهنده خوشه‌ها دور آنها محکم بسته می‌شود.

قبل از تخلیه محل آتشکاری ارتباط‌دهنده خوشه‌ها به یک واحد UBO بعد از آماده شدن مدار متصل می‌گردد.



شکل ۱۹ــ۵ــ ارتباط مدار در تونل با ارتباط دهنده

همچنین می‌توان این خوشه‌ها را به یکدیگر بست و همه را به فتیله انفجاری ۵ گرم در متر وصل کرد. از آن جا که در این حالت تعداد فتیله در سطح سنگ بیشتر می‌شود، احتمال برش و آتش شدن افزایش می‌یابد.

رنج فتیله انفجاری نانل GT

نوع	شماره وقفه	تعداد وقفه‌ها	رنج تأخیر	زمان تأخیربین وقفه‌ها
چاشنی نانل GT/MS	۲۰ـ۳	۱۸	۵۰۰ـ۷۵	۲۵
چاشنی نانل GT/T	۰	۱	۲۵	۲۵
	۲ـ۱	۱۲	۱۲۰۰ـ۱۰۰	۱۰۰
	۱۴،۱۶،۱۸،۲۰ ۲۵،۳۰،۳۵،۴۰	۴	۲۰۰۰ـ۱۴۰۰	۲۰۰
	۴۵،۵۰،۵۵،۶۰	۸	۶۰۰۰ـ۲۵۰۰	۵۰۰

طول فتیله استاندارد چاشنی نانل GT/MS ۴/۸ و ۷/۸ و ۱۵ متر است. طول‌های دیگر می‌تواند از ۲/۴ متر و بالاتر به فاصله ۰/۶ متر به طول فتیله بعدی اضافه شود.

نانل GT/T فقط در طول استاندارد ۶ و ۷/۸ متر ساخته می‌شود.

انواع ارتباط‌دهنده‌ها

نوع	تأخیر	طول فتیله استاندارد (m)
UBO	۰	۶/۰ـ۴/۸ـ۳/۰ـ۱/۸
شروع‌کننده	۰	۱۰۰ـ۵۰ـ۳۰

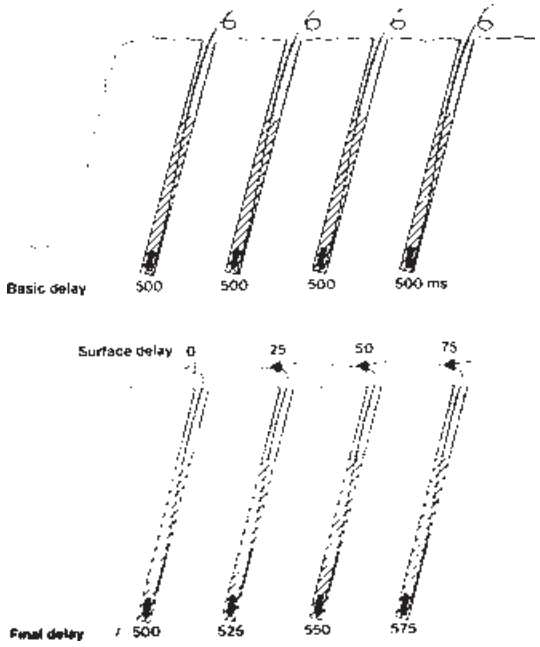
۴ـ۲ـ۵ـ نانل یونیدت[1] : متقاضیان معمولاً به شماره پریود (تأخیر) بیشتر از آنچه که در سیستم آتشکاری قبلی در دسترس بود، نیاز دارند. در حالت‌هایی که طول آتشکاری در مقایسه با پهنای آن زیاد است مانند آتشکاری کانال، آتشکاری با چاشنی MS در محدوده کوچک با تعداد محدود پریودها انجام می‌شود. در آتش‌کاری احتیاطی، محدودیت در لرزش زمین امکان استفاده از خرج‌های جداگانه در هر چال را با شماره پریود یکسان کم می‌کند. بنابراین نیاز به تعداد شماره تأخیر بیشتری است. با سیستم فوق شماره تأخیر نامحدود به‌دست می‌آید.

سیستم نانل یونیدت شامل فتیله نانل در دل چال با چاشنی تأخیری ۵۰۰ میلی‌ثانیه در ارتباط‌دهنده سطحی با ۱۷ و ۲۵ و ۲۴ میلی‌ثانیه تأخیر می شود.

---

۱ ـ NONEL UNIDET

چون زمان واقعی بین شروع انفجار و انفجار هر چال بیشتر از زمان عمل نمودن چاشنی‌های سطحی است خطر بریده شدن فتیله‌های درون چالی و فواصلی فتیله براثر پرتاب سنگ به حداقل می‌رسد.



شکل ۲۰ــ۵ــ (نحوه عمل)

اساس سیستم یونیدت[1] چاشنی با ۵۰۰ میلی‌ثانیه تأخیر است که با نام U ۵۰۰ شناخته می‌شود. طول استاندارد فتیله‌های آن ۴/۸ و ۶/۰ و ۷/۸ و ۱۵/۰ متر است اما امکان ساخت طول‌هایی از ۲/۴ متر به بالا با اضافه شدن ۰/۶ متر طبق سفارش وجود دارد.

چهار ارتباط‌دهنده مختلف ساخته شده است. سه نوع دارای تأخیر ۱۷ میلی‌ثانیه، ۲۵ میلی‌ثانیه و ۴۲ میلی‌ثانیه هستند و ارتباط‌دهنده چهارم که بدون تأخیر است، قبلاً در سیستم نانل مطرح شد. طول استاندارد آنها ۲/۴ و ۴/۸ متر می‌باشد اما همانند مورد قبلی طول‌های متفاوت با اضافه شدن ۰/۶ متر برای هر سری نیز ساخته می‌شوند.

---

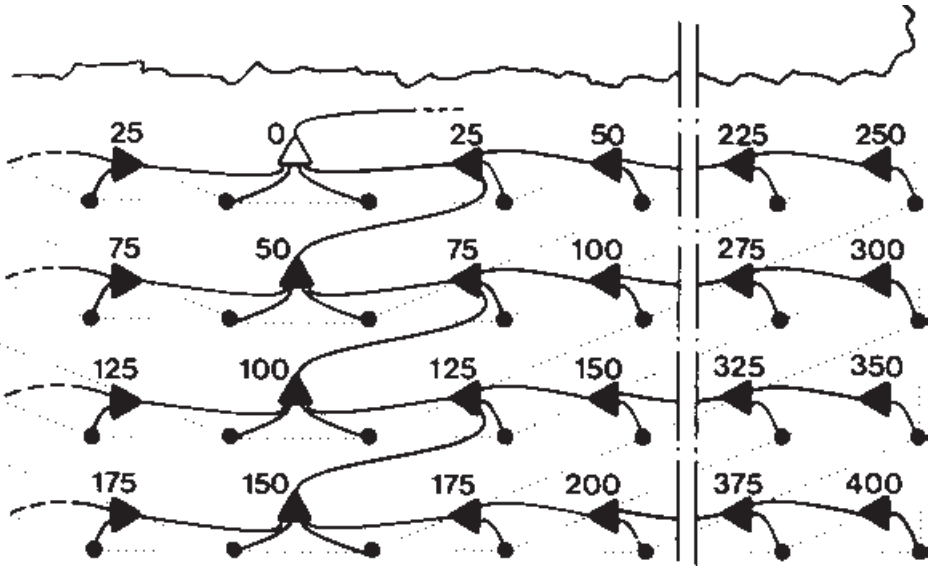
۱ ــ UNIDET

نانل یونیدت

نام	U۵۰۰
زمان تأخیرمیلی ثانیه	۵۰۰

ارتباط دهنده

رنگ	زرد	آبی	قرمز	سبز
نام	UBO	UB۱۶	UB۲۵	UB۴۲
تأخیر میلی‌ثانیه	۰	۱۷	۲۵	۴۲



شکل ۲۱ــ۵ــ ارتباط مدار آتشکاری پله با نانل یونیدت

خودآزمایی

۱ــ چاشنی را توضیح داده و انواع کلی آن را نام ببرید.
۲ــ نانل را توضیح داده و انواع آن را ذکر کنید.
۳ــ چاشنی هرکودت را تشریح کنید.
۴ــ فتیله اطمینان را شرح داده و مزایا و معایب آن را شرح دهید.