problemas de desescombros en galería y otros trabajos subterráneos

GEORGES VIÉ, ingeniero de minas

sinopsis

579-13

Las soluciones económicas para la mecanización de las perforaciones de galerías en roca, no se pueden encontrar sino a través del estudio sistemático de la organización completa del tajo.

Es preciso, pues, definir, para cada tipo de galería, los grupos y combinaciones de materiales que pueden convenir, estudiar las duraciones de los ciclos de trabajo por descomposición de tiempos, comparar las inversiones necesarias para cada solución y tener en cuenta las ventajas y limitaciones de cada material.

No existe ninguna solución ideal o universal para adoptar la solución más idónea, pues no sólo hay que tener en cuenta la sección a excavar, sino también la anchura de la solera, el trazado de las galerías y de sus curvas, el perfil longitudinal, los problemas de sujeción, si se producen, y, en fin, la naturaleza de las rocas.

En los artículos publicados anteriormente hemos dado una descripción del jumbo-cargador, en el cual están conjuntados los medios de perforación y de carga de escombros.

En el caso de una sección pequeña, el obstáculo principal para la mecanización reside en la dificultad de hacer alternar, en el frente de avance, el jumbo y la máquina cargadora de los escombros, pues es conveniente que se puedan cruzar ambos aparatos para evitar los ensanchamientos de sección, o estacionamientos, que cuestan caros porque es preciso hormigonarlos.

El jumbo-cargador (SECOMA) se completa favorablemente con un transportador suspendido (tipo Sociedad «Stephanoise», por ejemplo), ya que el primero, al avanzar por saltos sucesivos, tira al mismo tiempo del segundo. Las máquinas quedan inmóviles entre cada salto y, en consecuencia, durante la mayor parte del tiempo de carga.

Tren SALZGITTER transportador-acumulador de escombros tipo BZ.40.

El vaciado de los escombros por medio de un transportador suspendido se efectúa, por lo tanto, con emplazamiento fijo, lo que permite que la cinta transportadora trabaje en buenas condiciones, pudiendo cargar, de una manera continua, o un convoy de vagonetas de tamaño normal, o un tren tipo «fondo S.S.C.M. en galería».

El transportador suspendido permite utilizar, con el mismo rendimiento, vagonetas de capacidad variable entre uno y varios metros cúbicos, con ausencia de tiempos muertos de carga. Por otro lado, estos transportadores no necesitan que se les alargue nada más que una vez por semana.

El empleo de un jumbo-cargador sobre cadenas y de un transportador suspendido, es posible para galerías de 10 a 20 m² de sección y para soleras de 2,80 a 4,50 m. La anchura libre deseable es de 3 metros.

La altura mínima de jumbo-cargador (2,50 m) y la del transportador suspendido de la clave de la bóveda (1,70 m) hacen imposible el retroceso del jumbo-cargador por debajo del transportador, en galerías de altura inferior a 4,60 m. El conjunto jumbo-cargador queda siempre, por lo tanto, próximo al frente de ataque. En caso de avería, se para el avance.

Este inconveniente es, por otra parte, común a todas las organizaciones de obra que utilizan en el frente de avance una máquina polivalente. Este es el caso de la máquina tipo «minero continuo».

En fin, el transportador suspendido no es utilizable en las partes de galería en curva. Tanto el jumbo-cargador como el transportador se mueven por corriente eléctrica.

Con una sección de 11 m², en terrenos calcáreos duros, un jumbo-cargador de tres brazos, trabajando en perforación rotativa hidráulica, con brazos de menos de 2 m, tiene un avance diario medio, calculado a lo largo de 1 año, de más de 13 m, teniendo en cuenta todos los incidentes de marcha.

Calculado a lo largo de 1 mes, el avance medio diario llega a los 18 m; el avance máximo ha sido de 61 m en 3 días.

Si se reemplazan las cadenas por un tren de ruedas de acero sobre vía férrea, la anchura de la solera que se puede ganar como mínimo para el desescombro es de 0,35 m. Por lo tanto, es posible trabajar sobre 2,40 m de anchura de la sección de herradura, lo que aporta una solución al difícil problema de la mecanización de la excavación en sección pequeña.

Para galerías de sección comprendida entre 13 y 26 m² y cuya solera tenga una anchura comprendida entre 3,30 m (mínimo impuesto por las vías férreas y el SOTIM-CAR) y 4,10 m (barrido máximo de la

pala EIMCO-40), es interesante combinar el empleo de un jumbo del tipo «compacto» SECOMA, con una cargadora EIMCO-40, y con un acumulador de volquetes SOTIM.

La organización de una obra con esta solución ha sido adoptada por la Sociedad General de Empresas, según estudios realizados por SOTIM para las galerías de Candes (Laval de Cere) y del Mont-Cenis.

El jumbo se llama «compacto» porque su anchura con «todo fuera», en posición de transporte, es la más pequeña posible para facilitar el cruzamiento con la cargadora EIMCO-40.

En los números anteriores de INFORMES hemos dado descripciones detalladas de estas dos obras recientes.

La experiencia ha mostrado que el tiempo práctico medio empleado en los cruzamientos de varios kilómetros era de 3 minutos para las vagonetas de 3.600 litros de contenido.

Si el jumbo (4 brazos y 1 brazo para la perforación de un orificio central de $\varnothing$ 100 a 125 mm) funciona a percusión, todas las máquinas pueden ser alimentadas por aire comprimido.

La obligación de instalar vías férreas paralelas al frente de avance para el cambio de jumbo-cargadora, y el retraso que se produce para realizar cada vez este cambio, encadena una pérdida de tiempo total de, por lo menos, 45 minutos por voladura.

Para secciones de excavación de 14 m², en gneiss y granitos, se han podido realizar avances diarios medios de 14,5 m y máximos de 18,20 m/día. Se ha llegado a los 21,20 m al final de la obra.

Es entonces cuando los ingenieros sienten la terminación de la obra, porque, desgraciadamente, es, en este momento, cuando los ciclos están bien organizados, cuando los obreros realizan un trabajo totalmente eficaz y cuando se alcanzan cifras medias que compensan las pérdidas de tiempo del principio de la obra.

En galerías de 22 m² de sección se ha llegado a una media de 11 m/día, calculada a lo largo de varios meses, con 15 a 16 m/día de avance máximo.

Una tercera combinación de materiales —jumbo y cargadora sobre cadenas con transportador suspendido— suprime las vías férreas frontales, pero no es utilizable más que en galerías de 16 a 30 m² y, sobre todo, con una anchura de solera comprendida entre los 4 y 7 m. La galería puede estar inclinada.

SOTIM-CAR
Ejecución de evacuación de escombros con pala EIMCO-40.

Vagón acumulador SOTIM-CAR.

Ejecución con pala EIMCO-630 y sistema monorraíl.

La evacuación de escombros se puede hacer: por trenes vagonetas arrastrados por locomotoras en trazados horizontales; por vagonetas de las que tira un torno colocado en cabeza, o, en fin, por transportadores tipo «fondo».

El cargamento de los escombros se puede asegurar: por cargadoras de descarga axial trasera (tipo EIMCO-630 sobre cadenas), o por cargadoras EIMCO-632 H ó 633 de descarga lateral.

Los escombros son vertidos por la cargadora, o directamente sobre un transportador de banda suspendida o, preferentemente, sobre una tolva con cinta transportadora de rodillos, de manera que tenga una buena resistencia a la caída de bloques y que permita remontar los escombros con una fuerte pendiente.

La cinta transportadora de rodillos descarga cuando vuelve sobre un transportador de banda suspendida, cuyo perfil puede ser rectilíneo y paralelo al techo, o admitir una curva de enlace. La elección del perfil es función de la altura de las galerías, de su inclinación sobre la horizontal y del modo final de la evacuación de escombros (vagonetas o transportadores).

La media de carga y evacuación de los escombros se ha elevado, por ejemplo, de 0,9 a 1,2 m³/minuto.

Las pérdidas de tiempo en maniobras son muy reducidas (ausencia de vías férreas y facilidad de estacionamiento del jumbo o de la cargadora, en la mitad de la anchura de la galería no ocupada por el transportador).

Este transportador ha sido empleado recientemente en diversas circunstancias y con cargadoras de diferentes tipos; la elección de las máquinas destinadas a trabajar en equipo no ha sido siempre acertada. Resulta, por lo tanto, dificultoso sacar conclusiones diferentes y sus rendimientos efectivos todavía no han podido ser establecidos.

Volvemos a decir sobre ello que la elección de los materiales para la carga y evacuación de los escombros no es posible sin un estudio de las posibilidades del jumbo, estando estas máquinas llamadas a trabajar, alternativa y sucesivamente, sobre un mismo frente.

En las minas, como en ciertas grandes obras subterráneas de ingeniería, existe la tendencia de eliminar el transporte por vía férrea, que exige una inversión muy costosa en vías y material rodante y gastos de explotación relativamente elevados por tonelada-kilómetro útil. En fin, el transporte por banda continua no es siempre posible, por lo menos en las minas, si no se efectúa un machaqueo primario.

Para las obras de altura relativamente pequeña, la firma JOY-VILLEGOSZET ha construido unas cargadoras-transportadoras Diesel sobre neumáticos, capaces de cargar 100 t/h y transportarlas a 500 m con un solo operario. Bajo el nombre de EXPASCOOP JOY, esta máquina de transporte autocargadora articulada, de caja telescópica y cuchara de carga de mando hidráulico, constituye un progreso. Su caja telescópica admite la carga de varias cucharas.

Su capacidad, de 15 t, y su velocidad media de circulación, de 20 km/h, garantizan buenos rendimientos, a condición de que haya pistas o el tránsito sea fácil (revestimiento de hormigón, o capa de hormigón bituminoso).

En la figura del esquema 1 al 8 se explica el funcionamiento.

La capacidad de la cuba es de 8,7 a 9 m³.

Con el mismo principio, pero sin pala cargadora, se han construido, con destino a unas minas de hierro, camiones Diesel JOY EXPADUMP, con descarga por cuba telescópica y placa empujadora.

Se utilizan tres modelos:

- capacidad 7,2 m³ y 8,2 m³, que corresponden a 15 t de carga;
- capacidad 11 m³, o sea 22 t de carga útil máxima.

Estos camiones son, como la cargadora-transportadora precedente, del tipo articulado, para que se puedan inscribir fácilmente en las curvas o encrucijadas de las galerías.

La depuración de los gases de escape se efectúa por barboteo, aunque también se puede realizar por oxidación catalítica.

El camión EXPADUMP se acopla muy bien con las cargadoras JOY 14HR, 18HR y 19HR, que se caracterizan por la acción continua de los órganos de recogida, constituidos por dos brazos articulados, y que, según el modelo, son susceptibles de asegurar la carga de 12 a 20 t/minuto; variando el movimiento de las pinzas, igualmente, según la capacidad de carga, entre 27 y 35 golpes/minuto.

Todas las cargadoras se montan sobre cadenas de mandos independientes, con dos velocidades de desplazamiento comprendidas entre 9 y 30 m/minuto.

EXPADUMP 14 D2 y cargadora JOY 19HR.

El primer vagón, o vagón de carga, está equipado con un corto transportador inclinado, con dispositivo neumático de compactación de los escombros. El mecanismo de reenvío y tensado de la larga cadena principal que corre de un extremo al otro del tren, se encuentra igualmente allí.

El dispositivo de compactación está constituido por dos robustos pistones accionados por aire comprimido, y unidos a la parte inferior del vagón de carga. El conductor del tren acciona a voluntad el dispositivo de compactación durante la fase de carga, con lo que esponja los escombros acumulados debajo del transportador y compacta los que ya están en el interior del BUNKERZUG, utilizando así, al máximo, la capacidad de este tren.

Una serie de vagones intermedios, sin paredes frontales, sólo con las laterales, son acopladas con articulaciones en cruz, constituyendo un largo y único canal sobre cuyo fondo avanza lentamente una triple cadena de rodillos, de velocidad regulable. Estos rodillos son de lámina de acero y están colocados cada 0,50 m.

Los escombros cargados en el transportador y vertidos en el primer vagón son esponjados por el dispositivo de compactación.

1. Cuchara en el suelo; caja telescópica en posición hacia atrás; puerta trasera cerrada.—2. Se llena la caja telescópica.—3. Luego se desplaza progresivamente hacia adelante y la carga continúa.—4. La carga ha terminado; el Expascoop abandona la obra; cuchara vacía y levantada.—5. El Expascoop llega al punto de descarga; la puerta trasera está abierta; se inicia la descarga.—6. La caja telescópica empuja la carga hacia atrás; la descarga sigue.—7. La hoja empujadora termina la descarga.—8. Puerta levantada; el Expascoop vuelve al lugar de carga en las condiciones indicadas en 1.

Tren transportador SALZGITTER.

EXPASCOOP-JOY de caja telescópica.

La columna de escombros que así se forma sobre el tren es transportada por los rodillos y rellena, poco a poco, todos los vagones. La velocidad de transporte de la cadena es de 3 m/minuto, si la presión es de 4 kp/cm².

La capacidad de carga y descarga total de los trenes es del orden de 3 m³/minuto. Un tren de 22 vagones representa 35 a 40 m³ compactados, o sea unas 60 t.

Para la descarga en el último vagón, se encuentra el motor de aire comprimido para mover la cadena de rodillos y el reductor de velocidad de dicho motor.

La velocidad del tren en vacío no debe exceder de 15 km/h, para una vía en galería bien montada y cuidada. Con una vía de 600 mm de anchura, es conveniente colocar carriles de patín de un peso mínimo de 15 kp/m y que tengan, en las curvas, radios de 25 m como mínimo.

El tren cargado debe llevar una velocidad de 10 km/h, excepto en las curvas de menos de 25 m de radio, que marchará más despacio.

El tren BZ.35, sin locomotora, ni pala, equivalente a uno de 22 vagones cargados, pesa 110 t, y para remolcarlo se necesita un tractor de 12 t.

La duración de la fase de carga, que es un factor de referencia, solamente es función del rendimiento de la pala empleada. El consumo de aire comprimido para el funcionamiento del transportador, la marcha intermitente del compactador neumático y la de la cadena principal, varía entre 15 y 35 m³/minuto, según el número de vagones.

Para la descarga, en el exterior, del tren, se recomienda colocar una parte de la vía en línea recta, lo que simplifica las operaciones. Cuando esto no sea posible, se puede hacer sobre una de 40 a 70 m de radio.

La velocidad de descarga es de 3 m³/minuto a la presión de 4 kp/cm².

Tren SALZGITTER BZ.35 descargando en el vacío, lo que permite deshacerse rápidamente de todos los escombros procedentes de una voladura. Obra de Grande Dixence (Suiza).

Cargadora JOY tipo 18HR 2.

En ciertas circunstancias, con escombros de rocas muy duras, cortantes y abrasivas, como ocurrió en el punto de ataque intermedio de SALVAGNAC (La Roquebrou), en la galería NEPES-CANDES, se han observado, al trabajar con el BUNKERZUG, molestas contrariedades (abrasión y rotura de las cadenas al contacto del granito), las cuales pueden justificar la elección de otro material de evacuación.

Esto nos indica que es preciso estudiar el medio de evacuación, en el cuadro general de la obra, y de la organización del trabajo, y determinar con el mayor cuidado, y una buena dosis de experiencia —cosa que los jóvenes ingenieros generalmente no poseen—, una adaptación apropiada de las máquinas necesarias para la perforación, machaqueo y todo el conjunto de los problemas que hay que resolver a fin de lograr el buen funcionamiento del trabajo.

No solamente el contrato debe ser rentable, sino que siempre hay que intentar resolver con elegancia el trabajo que se nos ha confiado, y para cuya ejecución se nos ha permitido elegir los medios de trabajo.

umper 25DM-JOY.

Cargadora JOY 19HR, provista de un dispositivo de recogida en forma de pinzas de bogavante.

**Problèmes d'évacuation des déblais en galerie
et autres travaux souterrains**

Georges Vié, ingénieur-conseil des Mines

Les solutions économiques pour la mécanisation des creusements de galeries au rocher ne peuvent être trouvées que par l'étude systématique de l'organisation complète du chantier.

Il faut donc définir, pour chaque type de galerie, les groupes et combinaisons de matériels qui peuvent convenir, étudier les durées des cycles de volées avec décomposition des temps, comparer les investissements nécessaires pour chaque solution et tenir compte des avantages et sujétions propres à chaque matériel.

Problems of rock removal and other tunnelling operations

Georges Vié, mining engineer

The economic aspect of tunnelling operations in rocky ground must be related to the total organisation of the working site.

Consequently, for each type of underground gallery a study should be made of the materials involved, the duration of the workers' shifts, and time taken for each operation, and then compare the relative cost for each particular combination of operations.

**Probleme der Abraumung in Stollen und anderer
untertage-arbeiten**

Georges Vié, Bergbauingenieur

Wirtschaftliche Lösungen zur Mechanisierung der Stollenabteufung in Felsgestein können nur über ein systematisches Studium der gesamten Abbauorganisation gefunden werden.

Es ist daher erforderlich, für jeden Stollentyp die jeweils entsprechenden Gruppen und Materialkombinationen zu definieren, die Dauer der verschiedenen Arbeitszyklen durch zeitliche Zerlegung untersuchen, die für die einzelnen Lösungen erforderlichen Investitionen vergleichen und die Vorteile und Schranken eines jeden Materials berücksichtigen.