

FIRESETTING: BREAKING ROCK WITH FIRE AT KONGSBERG, NORWAY

Bjørn Ivar Berg

Norwegian Mining Museum. Kongsberg
Norway
☎ bib@bvm.museum.no

ABSTRACT

Firesetting was an ancient mining technique, making the rock crack and break down through intensive heating. The technique is known since the Younger Stone Age. At the Kongsberg Silver Mines in Norway, the technique was used until 1890, its last known application in European mining.

KEY WORDS: Firesetting, silver mine, Kongsberg,

The Kongsberg Silver Mines were founded in 1623 and became the most important historical Norwegian mines. The Kongsberg mines also became the technologically most advanced mines in Norway, and the most strongly German influenced mines in Scandinavia.

Firesetting was a well-known technique to the German miners who came to Norway in the 17th century. Also in Sweden, firesetting was common at least from the time when large scale copper mining had been established in Falun in the 14th century. It prevailed through centuries both there and in other Swedish and Norwegian mines.

Firesetting was an alternative for particularly hard rock. The crystal structure of quartz changes with heating, causing quartz-rich rocks to disintegrate. Thermal extensions and tensions also contribute to shatter the rock. Softer rock could be excavated with the other ancient techniques of *hammering*, using hammer, chisel, wedge, bar and other iron tools. Scandinavia has much hard, siliceous rock, unsuited for hammering but well suited for firesetting. In addition, Scandinavia had huge forests, an important resource in the application of firesetting which required large amounts of firewood.

The wood supply was limited in the more densely populated Central Europe. Wood was also needed for smelting (charcoal) and for building purposes at the mines. This must be one of the causes of the early abandonment of firesetting in many places. Abandoning firesetting was possible once *blasting with gunpowder* became an alternative for hard rock. In some mines however, firesetting prevailed far into the 19th century also in Central Europe, especially at massive, hard-rock deposits like the tin mines of Saxonia and Bohemia and the copper mine of Rammelsberg in Harz.

“MINERÍA POR FUEGO”: ROMPIENDO LA ROCA CON FUEGO EN KONGSBERG, NORUEGA

Bjørn Ivar Berg

Museo de la Minería de Noruega
Kongsberg
☎ bib@bvm.museum.no
Trad. del inglés: Luis Jordá Bordehore
ETSIM UPM-Madrid

RESUMEN

La minería por fuego era una técnica minera antigua, que hacía resquebrajar y romper la roca gracias a un calor intenso. La técnica es conocida desde la Primitiva Edad de Piedra. En las minas de plata de Kongsberg en Noruega, la técnica se empleó hasta 1890, lo que supone la más tardía aplicación conocida en Europa.

PALABRAS CLAVE: Minería por fuego, mina de plata, Kongsberg

Las minas de plata de Kongsberg se fundaron en 1623 y se convirtieron históricamente en las minas más importantes de Noruega. Estas minas también se convirtieron en las más avanzadas tecnológicamente de Noruega y unas de las que poseían mayor influencia germánica en Escandinavia. De hecho, la minería por fuego era una técnica bien conocida por los mineros alemanes que llegaron a Noruega en el siglo XVII. También en Suecia, el fuego era habitual, por lo menos cuando se desarrolló la minería de cobre a gran escala en la zona de Falun en el siglo XIV. Prevalció la técnica durante siglos en ambas minas y otras de Suecia y Noruega. La técnica del fuego era una alternativa para rocas particularmente resistentes. La estructura del cristal de cuarzo cambia con el calor, haciendo que las rocas muy ricas en cuarzo se desintegren. La propagación del calor y de las tensiones también contribuye a quebrar la roca. Las rocas más blandas pueden ser excavadas con otras técnicas como martillo y puntero, cuñas, barrenas y otras herramientas de hierro. Escandinavia tiene abundante roca dura, con sílice, no apta para martillos pero muy apropiada para el empleo del fuego. Además, es una región donde abundan los bosques, un recurso importante para la aplicación del método que requiere unas enormes cantidades de madera.

El suministro de madera era más limitado en el Centro de Europa, más poblado. La madera era utilizada para las fundiciones y para los entibados y construcciones de las minas. Esta escasez pudiera ser una de las causas del pronto abandono de esta técnica en muchas regiones. El abandono de la técnica de fuego fue además posible una vez la perforación y voladura fueron una alternativa para roca dura. Sin embargo en algunas minas siguió prevale-

Artículos

Blasting rock with gunpowder, first known in France (Le Thillot, Lotharingia) in 1617, was the great innovation of 17th century mining. It was not an overall immediate success, however, partly because making drills was a bottleneck. Small hand drills had the best effect, but there was not yet any effective technology for cheap production of high-quality steel.

Blasting was also tried and introduced in Scandinavia in the 17th century. But the large forests allowed many mines to postpone a large-scale introduction of blasting until the early 18th century, when the technique had been improved, and the needs were greater.

At Kongsberg, firesetting as well as hammering was used from the start. The first known blasting at Kongsberg took place in 1659, but the management then instead chose to increase firesetting. Around 1730, blasting after a stepwise escalation finally was fully established as the major technique, however still reserving all galleries and other horizontal works to firesetting. Hammering was now totally abandoned.



Figura 1: Minería por fuego en "De re metallica" (1556) de AGRICOLA .
Figure 1: Firesetting in Georgius Agricola's "De re metallica" 1556.

Within horizontal works, firesetting was a rational choice until the late 19th century. It was simply cheaper than blasting. Firesetting obviously had its disadvantages. The main problem was ventilation. The smoke made parts of the mines inaccessible for periods, confusing the regular work rhythm. Gas formed by the smoke under unfavorable conditions was a major cause of fatal accidents. There was also concern about the devastation of forests.

ciendo el fuego hasta bien entrado el siglo XIX. También en Europa Central, especialmente en depósitos en rocas duras y competentes como las minas de estaño de Sajonia y Bohemia y la mina de cobre de Rammelsberg en Harz.

La primera voladura de roca con pólvora que se conoce tuvo lugar en Francia (Le Thillot, Lotharingia) en 1617, y fue la gran innovación de la minería del siglo XVII. Ello no supuso un éxito a la primera tentativa, principalmente por las técnicas de perforación. Las voladuras también se emplearon en Escandinavia en el siglo XVII, pero los grandes bosques permitían que muchas minas pospusieran el empleo del explosivo.

En Kongsberg, el fuego, así como los martillos se emplearon desde el principio. La primera voladura que se conoce en Kongsberg tuvo lugar en 1659. No es hasta 1730 en que las voladuras desplazan al fuego como la técnica más utilizada, sin embargo todas las galerías de arrastre eran excavadas con fuego así como otros trabajos horizontales. El martillo no se abandonó del todo.



Figura 2: Transversal excavado mediante fuego en la mina Herzog Ulrich de Kongsberg. Las paredes están recubiertas de cristales de hielo. Foto: B. I. Berg, Museo de la Minería de Noruega.

Figure 2: Crosscut made with firesetting in the Herzog Ulrich's mine, Kongsberg. The walls are covered with ice crystals. Photo: B. I. Berg, Norwegian Mining Museum.

Hasta bien entrado el siglo XIX el fuego se empleaba para todos los trabajos horizontales porque era mucho más barato que la voladura. Tenía sus desventajas, principalmente la ventilación. El humo hacía inaccesibles partes de la mina, afectando el ritmo de trabajo. Y algunos gases nocivos eran las principales causas de accidentes fatales en las labores. Todo ello sumado a la deforestación.

Artículos

During the 19th century, much happened to the firesetting, although we have no evidence of crucial improvements in the core technique. Used through centuries, not much could be altered in constructing and burning the fires themselves. The changes took place within the technological system in which the fires operated, i.e. within the framework of the complex mine structures. It was a matter of ventilation.

The working of a long gallery, the Christian VII Adit, was literally the technological front. After around 200 meters, natural draught would cease and prevent further advance. The traditional solution was to sink ventilation shafts from the surface. This was however a very expensive and time-consuming alternative for the project in question, demanding several deep shafts. Instead, the adit from the year 1844 was horizontally divided with a wooden ceiling, later replaced by a brick arch and iron tubes. This allowed the hot smoke to be let out through the upper compartment, while heavier, cool fresh air streamed in through the lower compartment where transport and communication took place. This *adit loft* was a great success, and unprecedented long distances exceeding 700 m were mined even with record advances exceeding 7 meters per month - the normal monthly progress was around 3 meters.



Figura 3: Galería excavada mediante fuego en la mina Samuel, c. 1700. Foto: H. Tønsberg 1933, Museo de la Minería de Noruega.

Figure 3: Gallery made with firesetting in Samuel mine, Kongsberg, c. 1700. Photo: H. Tønsberg 1933, Norwegian Mining Museum.

Hasta el siglo XIX prácticamente no hubo cambios en la aplicación de las técnicas de fuego, en realidad la aplicación fue siempre la misma. Es sin embargo en ese siglo cuando se introducen importantes mejoras en el modo de ventilar. Fue el hecho de excavar una larga galería el impulso de la tecnología: la obra fue la construcción de la galería Christian VII. Hacia los 200 metros se encontraron con que la corriente de aire natural cesaba y no se podía proseguir. La solución tradicional era excavar pozos de ventilación, pero la profundidad era muy grande y lo hacía inviable. En lugar de ello, la solución adoptada en 1844 fue la de dividir la galería con un falso techo de madera (que luego sería reemplazado por uno de ladrillo con tubos de hierro). De esta manera el humo caliente, más pesado, escapaba por el compartimiento superior, mientras que el aire fresco entraba por el inferior mientras se trabajaba en el transporte y la comunicación. La galería fue un éxito, consiguiendo distancias de 700 metros y avances de 7 metros al mes (frente a los 3 metros que se lograba antes).



Figura 4: Pozo en la mina Samuel de Kongsberg. El escalador se encuentra entre dos galerías hechas mediante fuego. Una mitad de la galería superior ha desaparecido por voladuras en una segunda fase de trabajo en el siglo XVIII. Foto: B. I. Berg, Museo de la Minería de Noruega.

Figure 4: Shaft in Samuel mine, Kongsberg. The climber is seen between two galleries made with firesetting. One half of the upper gallery has been removed by blasting in a second mining phase in the 18th century. Photo: B. I. Berg, Norwegian Mining Museum.

Artículos

The success was transferred to the more complex shaft systems. Some abandoned shafts were reserved for the smoke, and high brick walls turning compartments of shafts into chimneys were constructed. Galleries were also equipped with lofts and iron tubes, and connected to the smoke shafts. As a result, firesetting could be used even deep down in the complex mines without problems. It now even helped to improve the ventilation, in making the air move faster through the heating of the outgoing air. This was indeed mentioned as a reason for some late use of firesetting in the 1880's. Visiting British engineers were impressed by the firesetting at Kongsberg, which was discussed in the *Transactions of the Institution of Mining Engineers* (Vol. V 1892/93: 82-92).

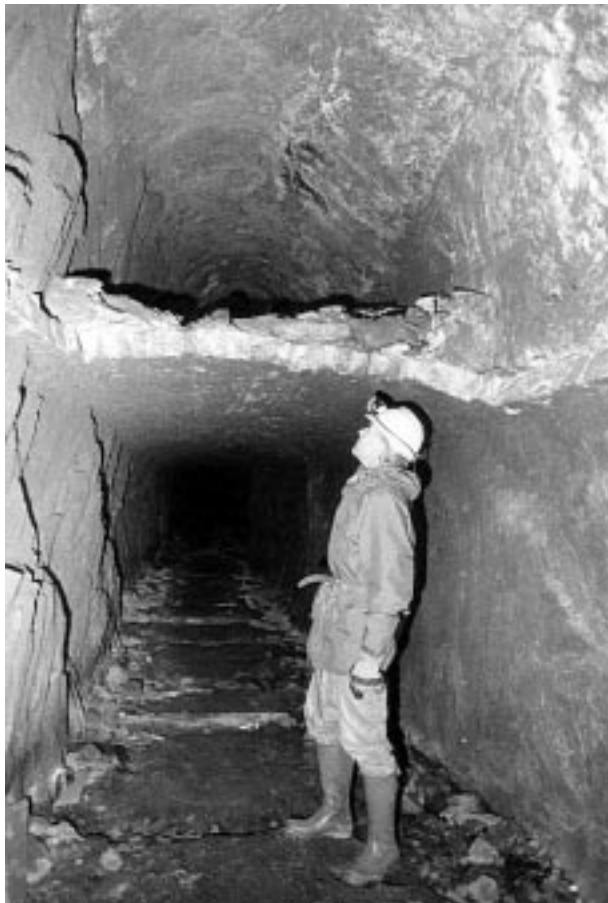


Figura 5: "La cámara de la galería", un arco de ladrillo en la bocamina Christian VII, construida para la salida del humo provocado por la minería mediante fuego en el siglo XIX. Foto: B. I. Berg, Museo de la Minería de Noruega.

Figure 5: "The adit loft", a brick arch in the Christian VII adit, constructed for the outlet of smoke from the firesetting in the 19th century. Photo: B. I. Berg, Norwegian Mining Museum.

El éxito se transfirió a los sistemas de pozos, más complejos. Algunos de los pozos abandonados se reservaron para el humo, y se erigieron paredes de ladrillos de modo que se convirtieron en chimeneas. Las galerías también se equiparon con cámaras y conducciones de hierro, conectándose con las chimeneas para humos. Como resultado, la técnica del fuego pudo usarse incluso muy profundo en las minas más complejas sin problemas. Incluso llegó a mejorar la ventilación, haciendo que el aire se moviera más rápido, no en vano fue esta una de las razones por la que el método se utilizó hasta bien entrada la década de 1880. Los ingenieros ingleses que visitaron las minas quedaron impresionados, como reflejaron en "Transactions of the Institution of Mining Engineers" (Vol. V 1892/93: 82-92).



Figura 6: Hoy en día la minería por fuego se muestra a los turistas. Foto: B. I. Berg, Museo de la Minería de Noruega.

Figure 6: Today, firesetting is demonstrated for visitors. Photo: B. I. Berg, Norwegian Mining Museum.

Artículos

These magnificent operations, although implying rather simple devices, relied basically on a theoretical comprehension of the conditions for air movement and on a systematical understanding of the mine structures. Characteristically the general outlines of these systems were given by scientifically trained managers. (As for the principle of the adit loft, it was applied in some French mines already in the 16th century.) Thus the prolonged use of firesetting was a matter of innovations and investments in the larger system this technique was a part of. The late firesetting at Kongsberg is no proof of irrational conservatism.

First with dynamite, introduced at Kongsberg from 1872, and more effective blasting, the work effectivity was highly raised and the days of firesetting came to an end also at Kongsberg. The technique became relatively unprofitable, it was given up in the adit (with the loft) in 1882, and had by then also become a rarity in the shorter galleries of the mines. In the last years before the last fire burned out in 1890, it was mainly used at strategic places to promote ventilation. Indeed a paradox for this former hazard to the miner's health ...

Today, a large number of mines from the times of firesetting are found in Kongsberg, and some of them are available for visitors. During the summer months firesetting is demonstrated outside the entrance of the visitors' mine. The characteristic rounded, smooth features of the rock walls give the firesetting mines a particular, beautiful outlook. Other common traces from firesetting are shale-formed rock pieces, sooth on the rock surface, charcoal and remnants of unburned firewood. ☉



Figura 7: Después del fuego. Foto: B. I. Berg, Museo de la Minería de Noruega.
Figure 7: After the firesetting. Photo: B. I. Berg, Norwegian Mining Museum.

Estas fabulosas operaciones mineras implicaban ingenios relativamente sencillos. Se fundamentaban en una comprensión teórica del movimiento del flujo de aire y un conocimiento sistemático de las estructuras de la mina. Los rasgos generales para la implantación de estos sistemas eran diseñados por jefes con una formación científica (Tal y como sucedió en el principio de la cámara de pozo, ya aplicado en algunas minas francesas en el siglo XVI). El prolongado uso de la técnica del fuego fue fruto de continuas investigaciones e innovaciones en un sistema del que esta técnica era una parte. El hecho de la longevidad de esta técnica en Kongsberg no es en absoluto prueba de un irracional conservadurismo.

Primero con dinamita, introducida en Kongsberg en 1872, y luego con voladuras más efectivas, el trabajo en la mina ganó en efectividad lo que llevó a su fin a las técnicas de fuego. En 1882 se abandonó esta técnica en los pozos con cámara, quedando como algo anecdótico en algunas de las galerías más cortas. El último "fuego" ardió en 1890, y se empleó en esos últimos años para promover la ventilación. Curiosa paradoja, de los que había sido antaño un riesgo para la salud ...

CONSIDERACIONES FINALES

Hoy en día se encuentran numerosas minas en Kongsberg de los tiempos de la minería por fuego. Algunas de ellas pueden ser visitadas. En el verano, se llevan a cabo demostraciones de esta técnica en las proximidades de la entrada de la mina turística. La redondez característica, superficie lisa de las paredes dan a esta técnica una hermosa estampa. Otras trazas frecuentes de la minería por fuego son las esquirlas de aspecto esquisto, manchas en la superficie de la roca, carbón y trozos de madera sin quemar. ☉