



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

PROYECTO DE INVESTIGACION DE DERRABES DE CARBON

ANEJO VI

**Influencia de la intensidad de la ventilación sobre la dureza del
carbón y su posible utilización del fenómeno para reducir el riesgo
de derrabes o desprendimientos**

Ingenieros de Minas Consultores, S.A.- Proyecto de derrabes de carbón



MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

01115

**PROYECTO DE INVESTIGACION DE
DERRABES DE CARBON**

INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LA VENTILACION SOBRE LA DUREZA DEL CARBON Y POSIBLE UTILIZACION DEL FENOMENO PARA REDUCIR EL RIESGO DE DERRABES O DESPRENDIMIENTOS.

DICIEMBRE 1.990



INGENIEROS DE MINAS CONSULTORES, S. A.

INFLUENCIA DE LA INTENSIDAD DE LA VENTILACION SOBRE LA DUREZA DEL CARBON Y POSIBLE UTILIZACION DEL FENOMENO PARA REDUCIR EL RIESGO DE DERRABES O DESPRENDIMIENTOS.

1 - GENERALIDADES

En la explotación de capas de carbón con fuerte desprendimiento de grisú se ha venido observando desde hace tiempo una relación entre la resistencia mecánica del carbón en el frente de los trabajos en avance y la intensidad de la corriente de ventilación derivada hacia ese frente.

Cuando empeoran las condiciones de ventilación, desciende notablemente la resistencia del carbón en el frente mientras que esta aumenta, por el contrario, con una intensificación de la ventilación.

El fenómeno fue observado y utilizado en muchos casos por los picadores para facilitar el arranque del carbón, especialmente en las guías donde se podía variar fácilmente la intensidad de la ventilación.

La dureza del carbón aumenta también en el entorno inmediato de los sondeos de captación de gas cuando estos se practican con el fin de evitar los

desprendimientos bruscos de grisú.

En la explotación de capas muy inclinadas, con tendencia a desprendimientos instantáneos de grisú, se observa que las zonas de máximo peligro de desprendimiento coinciden con las partes del frente de la galería de más difícil ventilación como ocurre con los huecos o campanas de voladuras de los distintos tramos, picado de carbón al techo etc, así como también con las zonas de carbón poco consistente.

El efecto de variación de la dureza del carbón en función de la intensidad de la ventilación, observado de forma práctica por los trabajadores de la mina, ha llamado también la atención de los científicos y ha sido objeto de un cierto esfuerzo investigador, desarrollando principalmente en la Unión Soviética.

2 - ENSAYOS DE LABORATORIO

Para investigar las causas del fenómeno se realizaron ensayos de Laboratorio en el Instituto Minero de la Academia de Ciencias de la URSS (*) y en el Instituto de Investigación para la Seguridad en las Minas, situado en Makeievka (Ucrania).(**)

En todos los casos se ha confirmado el hecho de una dependencia entre la dureza del carbón y la proporción de metano en la zona ventilada inmediata al frente de la galería.

(*). M.M. Protodiakonov e I.L. Ettinger.

"Variación de la dureza de la hulla cuando se satura con metano" Doklady AN SSSR, Tomo 84, Nº6, 1.952.

I.L. Ettinger, E.G. Lamba, V.G. Adamov.

"El papel del gas como factor que disminuye la resistencia del carbón". Doklady AN SSSR, Tomo 99, Nº6, 1.954.

(**)I.V: Bobrov, J.N. Fertelmeister, S.I. Smoliakov.

"Sobre la cuestión de la influencia del contenido en gas de la ventilación de una labor minera en la resistencia del carbón".

Contenido en el libro: Desprendimientos de gas y formación de polvo en las capas de carbón. Mak NII (Instituto de Investigación para la Seguridad en las Minas de Makeievka). Tomo 7, 1.953.

3 - INVESTIGACION EN LAS CONDICIONES NORMALES DE TRABAJO.
DESCRIPCION Y RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.

El efecto de variación de las características mecánicas del carbón con las condiciones de ventilación fue investigado también en varias minas de la cuenca del Donetz dentro de circunstancias de trabajo normales.

En primer lugar, se efectuaron observaciones provisionales en las capas Beral (Mina Stalin) y Almasnii (Mina Iliitsch del combinado Kadievka).

Observaciones más detalladas fueron realizadas en la capa Jakovlevski (Mina n^o5 Osnovnaia y n^o6) y en la capa Pastuchovski (Mina n^o5 del combinado Boguraiev).

Las investigaciones fueron efectuadas en los frentes de pozos interiores sobre capa (explotaciones en capas de fuerte inclinación) y en chimeneas de ventilación (o bien galerías paralelas). En estas labores mineras se pudieron modificar ligeramente las condiciones de ventilación sin perturbar los trabajos ordinarios de producción.

Una de las cuestiones a resolver era la

medición de los valores característicos de la dureza del carbón en el frente a lo largo de los ensayos.

Para efectuar estas mediciones se utilizó un aparato construido por el Ingeniero L.N. Karagodin, basado en el principio general del penetrómetro.

El aparato comprende un punzón cónico de 10 a 15 cm de largo que se introduce con presión manual en el carbón. La sencillez del aparato y de su manejo permiten hacer con rapidez un gran número de mediciones en diferentes puntos del frente de carbón, con condiciones de ventilación variables.

A base de ensayos previos se decidió trabajar haciendo 12 mediciones de dureza por m^2 de superficie del frente lo cual puede realizarse satisfactoriamente en un tiempo de pocos minutos.

La posibilidad de determinar la dureza exclusivamente hasta los 10-15 cm de profundidad resultó suficiente ya que, como había sido comprobado por los picadores al trabajar con sus herramientas neumáticas o de mano, el efecto de variación de dureza se producía solo en la capa superficial del carbón.

Las determinaciones del contenido de metano fueron efectuadas por toma de muestras y análisis

posterior en el laboratorio del Servicio de Salvamento de la Mina.

Cuando se quería suprimir la ventilación, se desconectaba simplemente el ventilador auxiliar del frente de avance en carbón sobre el cual se efectuaban las mediciones.

El plan desarrollado en primer lugar comprendía la siguiente serie de mediciones:

- Con ventilación normal, fue medida en un frente de avance la dureza del carbón en un intervalo de 5 a 7 minutos. Después de 10 a 15 minutos se repitieron estas mediciones.

A continuación fue suprimida la ventilación del frente y durante 2 a 3 horas se midió la dureza del carbón cada 10 a 15 minutos. Seguidamente se puso en marcha de nuevo la ventilación y se repitieron las mediciones.

Mientras se efectuaban los cambios citados en la ventilación y las correspondientes mediciones de dureza, se tomaron muestras de aire en el lugar del ensayo para su análisis posterior en el Laboratorio.

Durante la realización de los ensayos se hizo

necesario trabajar con aparatos de respiración autónoma ya que la concentración de metano en el frente, al suprimir la ventilación, alcanzó en algunos casos un valor superior al 90%, después de unos 10-12 minutos.

Con los valores medios de dureza, resultantes de las mediciones efectuadas y los análisis del contenido de gas en la atmósfera del frente se trazaron diagramas como los representados en las figuras 1, 2 y 3 relacionando ambas variables.

En la figura 1 el gráfico inferior corresponde a la variación de la dureza del carbón a lo largo de la duración (4 horas) del ensayo. La calificación de dureza se establece según el valor del índice K de la escala de Protodiakonov.

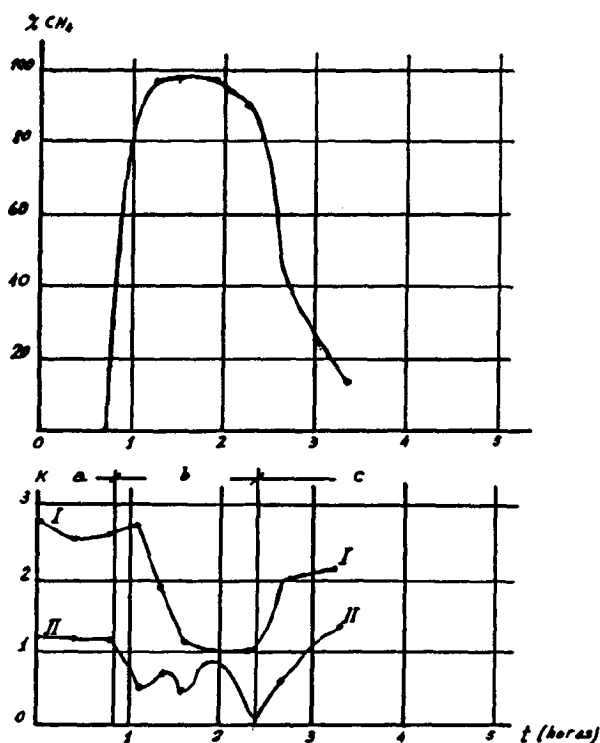


Fig. 1

Como puede apreciarse se consideran dos curvas, I y II de variación de dureza, correspondientes, respectivamente, al carbón de la parte superior y de la parte inferior del frente de avance.

En el intervalo de tiempo a la ventilación es normal y los valores de la dureza del carbón de la capa se mantienen en su valor más alto.

En el período b se ha cortado la ventilación. La dureza del carbón muestra una tendencia descendente hasta un valor mínimo que puede ser entre $1/3$ y $1/5$ del inicial.

Finalmente, en el intervalo c en el cual se ha restablecido la ventilación la dureza aumenta de nuevo hasta acercarse a recobrar totalmente, al cabo de poco tiempo, el valor inicial.

El gráfico superior de la misma figura 1 representa en ordenadas el tanto por ciento de contenido en metano a lo largo de toda la duración del ensayo.

Como puede comprobarse, en ese caso particular, el porcentaje de CH_4 en la atmósfera del lugar de ensayo ha alcanzado en poco tiempo valores extraordinariamente altos (97,5%).

La figura 2 representa los mismos gráficos correspondientes a otro ensayo.

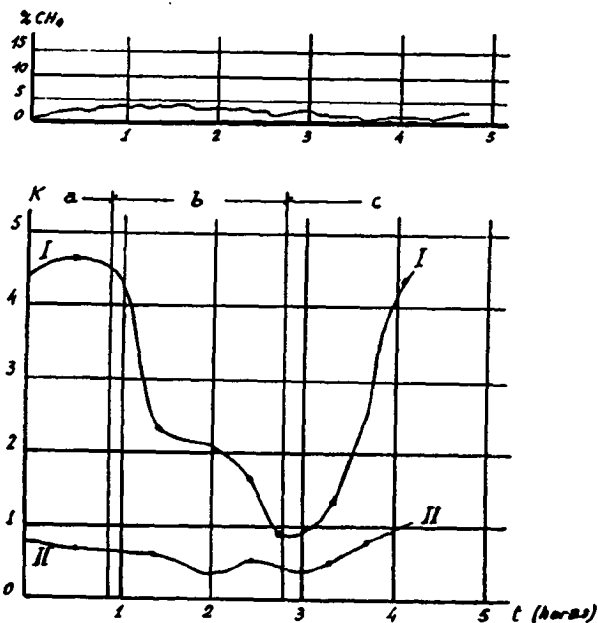


Fig. 2

La curva de variación de dureza correspondiente al carbón de la parte superior del frente experimenta variaciones importantes como en el caso anterior mientras que el carbón de la parte inferior es blando y su dureza cambia poco durante el ensayo.

Como se deduce del gráfico complementario, el desprendimiento de metano en esa capa es muy reducido y como consecuencia, el porcentaje de gas en el aire cambia poco durante el ensayo.

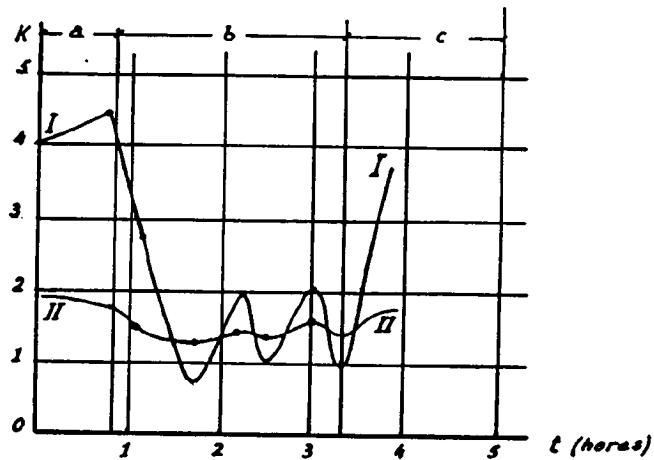


Fig. 3

En la figura 3 se representa un caso parecido a los anteriores (sin la curva de variación del contenido en CH_4). El carbón duro de la parte superior (curva I) experimenta durante el ensayo una reducción que lo hace comparable al carbón blando de la parte inferior (curva II) el cual sufre pocas variaciones.

En algunos casos, la dureza del carbón en el frente sin ventilar no pudo ser medida ya que, al poco tiempo de suprimir la ventilación, se produjo un desprendimiento súbito o derrabe en el frente donde se estaba practicando el ensayo. Puede considerarse el hecho como una prueba directa del aumento del riesgo de desprendimientos que se genera cuando las condiciones de ventilación son precarias.

De los ensayos mencionados y sus correspondientes curvas de resultados se deduce claramente la dependencia entre la dureza del carbón en un frente determinado y la existencia o no de una ventilación activa. Sin embargo resulta claro también que estos cambios de dureza no dependen exclusivamente de la variación de la presión parcial y contenido de metano en la atmósfera del frente.

Así, en el caso de la figura 1, el descenso de dureza estaba acompañado de un aumento del porcentaje de metano en el labor minera hasta el 97,5% mientras que en la figura 2, cambios de dureza similares tienen lugar con pequeños aumentos del porcentaje en CH₄ (inferiores al 5%).

Según esto, el cambio de dureza del carbón no puede atribuirse, al menos como causa principal, a la variación de la presión parcial del metano contenido en la atmósfera de la mina. Tratando de profundizar en el conocimiento del fenómeno, se realizó por los mismos investigadores una segunda serie de ensayos para buscar una interpretación más precisa de las causas de la variación observada.

El frente de una chimenea de ventilación, de la sección indicada de la figura 4, dividido en dos mitades por la entibación de madera, fue tratado por

una corriente de aire intensa y orientada sucesivamente hacia ambas mitades.

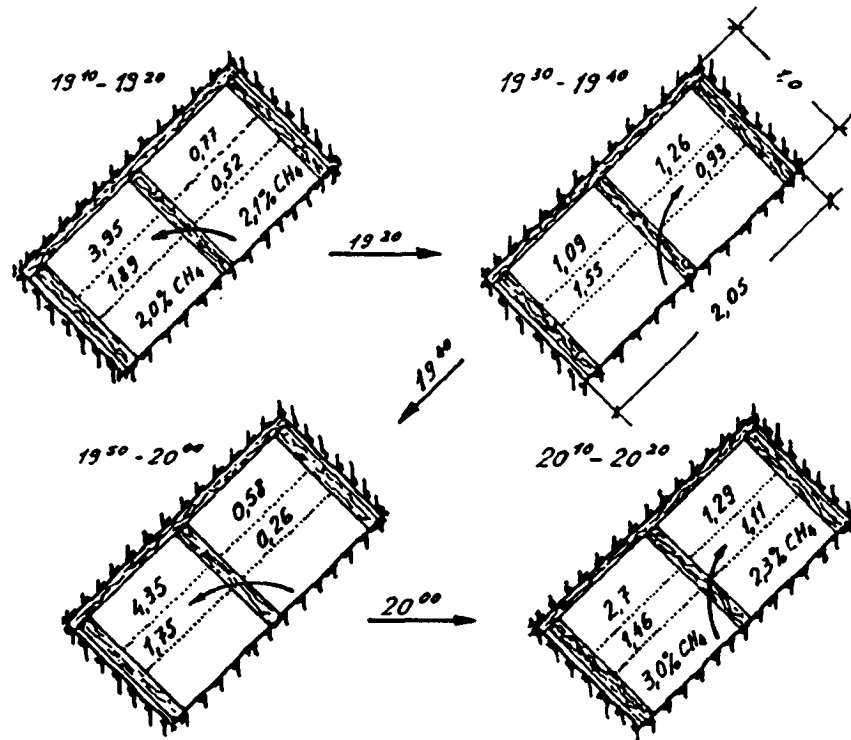


Fig. 4

El ensayo se efectuó en el orden y con los intervalos de tiempo anotados en la citada figura 4.

En primer lugar se dirigió el chorro de ventilación durante 10 minutos hacia una de las mitades del frente mientras la otra quedaba fuera de la acción directa de la corriente de aire. El porcentaje de metano en el aire de la zona de ensayo se mantuvo aproximadamente igual para las dos mitades de la chimenea (2,0-2,1%).

Después de efectuar las medidas de dureza del carbón se dirigió la corriente de aire hacia la segunda mitad durante el mismo intervalo de tiempo.

Realizadas también las correspondientes mediciones de dureza pudo apreciarse enseguida la variación de la resistencia del carbón. En la mitad donde la corriente de aire acababa de actuar intensamente sobre el frente se observaba un aumento importante de la dureza superficial mientras que esta dureza era muy inferior en la otra mitad.

El mismo ensayo, repetido a continuación volvió a dar resultados similares (ver figura citada).

Se deduce, por tanto, que la dureza superficial del carbón está influenciada por la acción directa de la corriente de ventilación sobre el frente.

Para determinar esta dependencia fueron efectuadas nuevas mediciones de la dureza del carbón con diferentes velocidades de la corriente de ventilación que incidía sobre el frente.

Los resultados de las mediciones se recogen en la figura 5 obteniéndose curvas con aspecto de parábolas.

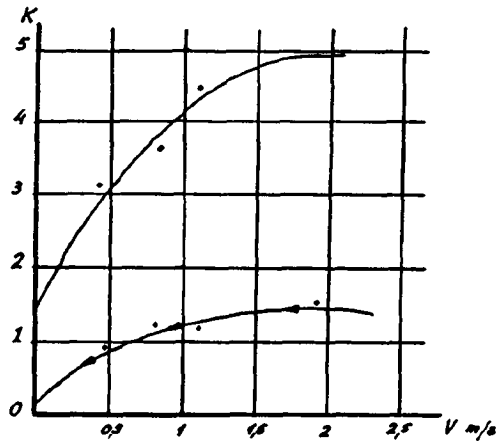


Fig. 5

En general puede observarse en estas curvas que el aumento de velocidad de la corriente de aire hasta $\approx 1,5$ m/s origina incrementos rápidos en el índice de dureza del carbón. Para velocidades mayores, la curva es más tendida y la dureza del carbón aumenta ya muy poco.

4 - INTERPRETACION TEORICA DEL RESULTADO DE LOS ENSAYOS.

Como ya se ha indicado en el apartado anterior, los cambios de dureza del carbón no pueden atribuirse sin más, a las variaciones del contenido de metano en la atmósfera de la mina sino que es preciso hacer otras consideraciones.

Los resultados de los ensayos mencionados pueden explicarse según las siguientes hipótesis:

Los gases CH_4 y CO_2 , contenidos en la masa de carbón, se encuentran en el interior de ésta tanto en estado libre como en estado combinado.

Estos gases son capaces por tanto, de penetrar en los espacios de la red molecular del carbón por lo cual, cuando se trata de capas conteniendo altos porcentajes de gas, es necesario considerar las propiedades mecánicas del sistema carbón + gas y no solo el carbón.

Dichas propiedades dependen de la cantidad de gas disuelto en el carbón. La difusión del gas en la red produce un debilitamiento de los enlaces intermoleculares lo cual es, a su vez, causa principal de la disminución de la dureza del carbón.

En general, la cantidad de gas disuelto depende de la presión de gas libre en el carbón. Con una disminución de esta presión de gas libre, se altera el equilibrio y una parte del gas pasa del estado disuelto al estado libre. Por el contrario, con un aumento de la presión de gas libre, una parte del gas pasará al estado disuelto.

Este nuevo ajuste del equilibrio va acompañado de un notable refuerzo, o debilitamiento, de los enlaces intermoleculares en el carbón y con ello, de una variación en su resistencia mecánica.

En condiciones normales, la cantidad de gas que se encuentra en la capa superficial del frente de carbón, permanece prácticamente invariable porque la desgasificación constante hacia el espacio abierto de la mina se compensa con nueva aparición de gas procedente de la parte profunda del macizo.

Este estado de régimen se mantiene siempre que se den condiciones invariables tanto en la salida de gas del macizo de carbón como en su difusión hacia el aire de la mina. Cualquier obstáculo a esta desgasificación producirá una cierta acumulación de gas en la zona superficial de carbón del frente.

Como consecuencia, resultará de ello un aumento

de la cantidad de gas disuelto en el carbón, un aflojamiento de los enlaces intermoleculares y una degradación de las propiedades físico-mecánicas del carbón.

Por el contrario, con una mejora de las condiciones de desgasificación se reduce la cantidad de gas libre en la zona superficial, una parte del gas disuelto en el carbón pasa al estado libre para compensarla, los enlaces intermoleculares se hacen con ello más fuertes y la resistencia mecánica del carbón aumenta.

La causa que dificulta y regula la desgasificación es, sin duda, la presencia de una delgada capa de metano en la superficie del frente de carbón. En condiciones de régimen esta capa se regenera continuamente con gas procedente del macizo y se mantiene estable.

Sin embargo, cuando el frente está barrido por una corriente de ventilación intensa, la capa de metano se rompe y se crean condiciones favorables para una desgasificación más rápida.

De acuerdo con las investigaciones antes descritas, para conseguir la rotura del equilibrio de la capa de metano se requiere una corriente de ventila-

ción de cierta velocidad.

El aumento de esta velocidad por encima de un valor determinado ya no produce ningún endurecimiento notable del carbón puesto que, una vez rota la capa superficial de metano, es imposible mejorar las condiciones de desprendimiento del gas.

De acuerdo con esto, las curvas que relacionan la dureza del carbón con la velocidad de la corriente de ventilación (fig.5) son cada vez más planas a medida que aumenta dicha velocidad.

Cuando la ventilación se hace más lenta, desciende mucho la dureza del carbón. Evidentemente, esta es una indicación de que la corriente de aire ya no consigue romper por completo la capa superficial de metano que continuamente se está regenerando sobre el frente.

Si se suprime totalmente la ventilación falta prácticamente las fuerzas exteriores que rompen la capa superficial de metano. La presencia de esta capa dificulta el desprendimiento del gas de tal modo que éste se acumula en el frente de trabajo y la dureza del carbón desciende a sus valores mínimos.

5 - COMPROBACION DE LAS HIPOTESIS ANTERIORES. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR.

Para la comprobación de las hipótesis expuestas en el apartado anterior en las que se supone un aflojamiento de la estructura molecular del carbón cuando este se satura con gas, se efectuó una serie de ensayos de laboratorio utilizando el análisis estructural por rayos X.

Estos ensayos fueron realizados en el Instituto Politécnico de Novocherkassk, determinándose las distancias intermoleculares en muestras de carbón preparadas convenientemente, antes y después de su saturación con gas según el método de Debye-Scherrer (ver Anexo).

La cámara tenía algunas particularidades constructivas que hicieron posible obtener máxima interferencia en la zona de ángulo pequeño. Para la saturación de las muestras, efectuada con CO_2 , fue proyectada y construida una cámara especial de gas. Como material para la muestra de contraste se utilizó polvo de molibdeno y las radiografías fueron tomadas con radiación filtrada de cobre.

Al comparar los diagramas obtenidos con las

muestras de carbón antes y después de su saturación con CO_2 , se observó claramente una variación del diámetro de la primera banda de interferencia.

Las distancias intermoleculares fueron determinadas, siguiendo los trabajos de Riley (***) con la fórmula corregida:

$$d = \frac{\lambda}{2.0,815 \cdot \text{sen } \theta}$$

en la cual

d = Distancia entre moléculas

λ = Longitud de onda de los rayos X en Angström

θ = Angulo de difracción para la primera banda de interferencia.

(***) D. Riley

"La dispersión de bajo ángulo de los rayos X por diversos carbones". Discusión con motivo de una conferencia sobre la estructura ultrafina de los carbones y cok. Londres 1.943.

Las distancias medias calculadas entre las moléculas del carbón antes y después de la saturación con gas así como después de su desgasificación final se relacionan en la Tabla 1.

De los datos de la tabla se deduce que, en todos los casos de saturación del carbón con gas, la distancia entre las moléculas aumenta, mientras que ésta se reduce, por el contrario, en los casos de desgasificación de las muestras.

En la tabla 2 se consignan los tiempos de saturación, las presiones de gas utilizadas y las variaciones de la distancia intermolecular que se han observado para distintas muestras de carbón.

Como puede apreciarse las variaciones de esta distancia muestran una dependencia de los otros factores mencionados y, dentro de ciertos límites, son tanto más grandes cuanto mayores resultan aquellos.

Los resultados del análisis radiográfico confirman por tanto la hipótesis, ya adelantada, en el sentido de que la estructura molecular del carbón se afloja cuando éste se satura con gas.

TABLA 1

<i>Distancia intermolecular media antes de la saturación del carbón con gas.</i>	<i>Distancia intermolecular media después de la saturación del carbón con gas</i>	<i>Distancia molecular media después de la desgasificación del carbón</i>
<i>Ångström</i>	<i>Ångström</i>	<i>Ångström</i>
9,8	11,7	--
9,8	11,9	--
10,5	11,4	--
10,5	11,3	--
--	11,8	--
--	11,5	10,5
10,0	11,3	--
10,0	11,2	--
10,3	11,4	10,4
10,4	--	--
10,3	10,8	--
10,3	10,5	8,7
10,2	--	--
10,8	11,7	--
10,6	11,9	11,5
10,9	11,6	--
10,8	--	--

TABLA 2

Tiempo de saturación Horas	Presión del gas de saturación del carbón. Atmósferas	Variación de la distancia entre las moléculas. Ángström
2	10	0,2
2	10	0,5
12	10	0,7
12	10	0,9
64	10	1,2
64	10	1,3
10	15	1,1
10	15	1,3
36	15	1,9
36	15	2,1
116	15	0,8
116	15	0,9

6 - APLICACION DE RESULTADOS. CONCLUSIONES.

El estudio de la información obtenida al investigar el efecto de la ventilación sobre las propiedades mecánicas del carbón, permite deducir la posibilidad de utilizarla en la lucha contra los distintos tipos de desprendimientos, relacionados con la presencia de grisú en la capa.

Estos desprendimientos se presentan con la máxima frecuencia en frentes de carbón mal ventilados, huecos de voladuras, recortes, etc. En estos lugares, la velocidad del aire es, normalmente, muy pequeña y no basta para romper la capa superficial de metano.

Ello conduce a una disminución de la dureza del carbón y a una destrucción más fácil del frente por las fuerzas que se generan durante los desprendimientos.

Una situación análoga se produce en la perforación de sondeos sobre capa para captación de grisú. Debido a la falta de movimiento del aire en el interior de los taladros, se originan allí condiciones que dificultan el desprendimiento del gas. Como consecuencia, la consistencia del carbón es baja, se producen derrumbamientos y ensanches en las paredes del taladro,

las barrenas de perforación se atascan y el sondeo se desvía.

El acañamiento de la broca y la desviación del sondeo se explican principalmente por el estado general de tensiones en la capa pero también tiene una cierta influencia en ello la escasa dureza del carbón.

A este respecto, ha sido interesante la experiencia del trabajo con la máquina de perforación rotativa BRM-1 que, con el fin de mejorar la extracción del polvo producido en la perforación, funciona con barrido de aire. Esta particularidad ha resultado suficiente en muchos casos para evitar los desprendimientos de carbón en el interior del taladro, realizándose el sondeo sin incidente alguno, como ha podido comprobarse en los ensayos realizados sobre la capa Alexandrovskii.

En iguales condiciones otra máquina equivalente pero desprovista de este medio de ventilación del taladro, ha tenido que pararse con frecuencia durante la operación, debido al desprendimiento masivo de carbón fino en el interior del sondeo.

Se deduce por tanto, que las máquinas perforadoras que hayan de trabajar en capas con fuerte contenido de gas, deben tener un dispositivo adecuado

para permitir el barrido eficaz, por aire, del taladro durante la operación.

La comparación entre las condiciones de trabajo de las dos máquinas citadas puede considerarse representativa por una parte, de los frentes de carbón bien ventilados, con escaso riesgo de desprendimientos y por otra, frentes con ventilación deficiente, elevada proporción de gas en la atmósfera de los tajos y riesgo considerable de desprendimientos o derrabes.

Teniendo en cuenta las experiencias del trabajo de arranque en capas con grisú junto con las anteriores investigaciones sobre la influencia de la ventilación en la dureza del carbón, podemos anotar las siguientes conclusiones:

1. Todos los frentes de avance de labores mineras y arranque de carbón en capas con tendencia a desprendimientos bruscos de grisú, deben ser intensamente ventilados.
2. Debe prestarse especial atención a las partes del frente de carbón difíciles de ventilar (huecos de voladuras en los tajos, recortes, etc). En estas zonas del frente de carbón debe asegurarse una corriente de aire suficientemente intensa no solo

en cuanto a aportación de la cantidad adecuada sino también con el empleo de los equipos auxiliares de desvío, conductos, etc., para conseguir un barrido eficaz de las acumulaciones de gas.

3. La perforación de sondeos de captación de grisú en capas con riesgo de desprendimientos bruscos debe hacerse, en todo caso, con barrido de aire.

Complementariamente pueden sugerirse otras medidas para mejora general, basados en los mismos principios.

Así, el interior de los taladros de sondeo en el carbón, una vez realizados, podría ser ventilado mediante aire a presión introducido en el sondeo por un tubo especial.

Con ello se conseguirían alrededor de los taladros y hasta la profundidad de estos en la capa, zonas de elevada resistencia del carbón en las partes del macizo que se consideren más peligrosas con respecto a los desprendimientos de grisú. Las partes de la capa "endurecidas" de esta manera pueden considerarse como una especie de entibación o refuerzo frontal de la masa de carbón.

Utilizando máquinas perforadoras con barrido

de aire puede pensarse también en la creación de un sistema de taladros en el macizo de carbón, cortándose unos a otros y permitiendo con ello, la entrada en los mismos de la ventilación general de la mina por efecto de la depresión creada por el ventilador principal.

Una operación de este tipo, con taladros hasta las zonas perforadas de las capas con riesgo de desprendimientos de grisú, crearía una especie de esqueleto de carbón de elevada resistencia, disminuyendo el peligro debido a dichos desprendimientos.

El éxito de estas posibles aplicaciones, del efecto de endurecimiento del carbón con la ventilación, depende sin embargo de diversas particularidades de detalle por lo cual tales aplicaciones habrían de ensayarse específicamente en las capas cuya seguridad se trata de mejorar.

ANEXO

INVESTIGACION DE LA ESTRUCTURA INTERNA POR RAYOS X.

MÉTODOS.

En el texto anterior se ha hecho referencia a la investigación de la estructura molecular del carbón, especialmente en lo que se refiere a determinación de las distancias intermoleculares por el método de Debye Scherrer.

En la práctica de estos métodos se utiliza, como es sabido, el fenómeno físico de la difracción, el cual se produce siempre que una propagación ondulatoria choca con una red de obstáculos cuya separación d es del mismo orden de magnitud que la longitud de onda λ .

Para aplicar estos principios a una red molecular cuyas distancias características se miden en unidades Å (1 Å o angström = 10^{-7} mm) es necesario utilizar radiaciones de muy corta longitud de onda como son los rayos X.

En el método de Debye-Scherrer se trabaja según el principio de difracción con incidencia oblicua descubierto y desarrollado por Bragg.

Un haz de rayos X de longitud de onda adecuada al incidir con el ángulo de inclinación θ sobre la superficie de un trozo de materia, formado por una red de partículas elementales, experimenta el efecto citado y como consecuencia, se dispersa en las direcciones correspondientes a los distintos órdenes de difracción, además de continuar también en la dirección de incidencia (Fig. 6).

El primer orden de difracción sigue las leyes de la reflexión ordinaria pero se trata de una reflexión de intensidad condicionada al valor del ángulo θ ya que, como muestra la figura, si se da la condición:

$$2d \operatorname{sen} \theta = n\lambda$$

la intensidad del rayo "reflejado" pasará por un máximo debido a la interferencia en fase y por lo tanto, suma de intensidades de los rayos que se difractan en los sucesivos planos de la red.

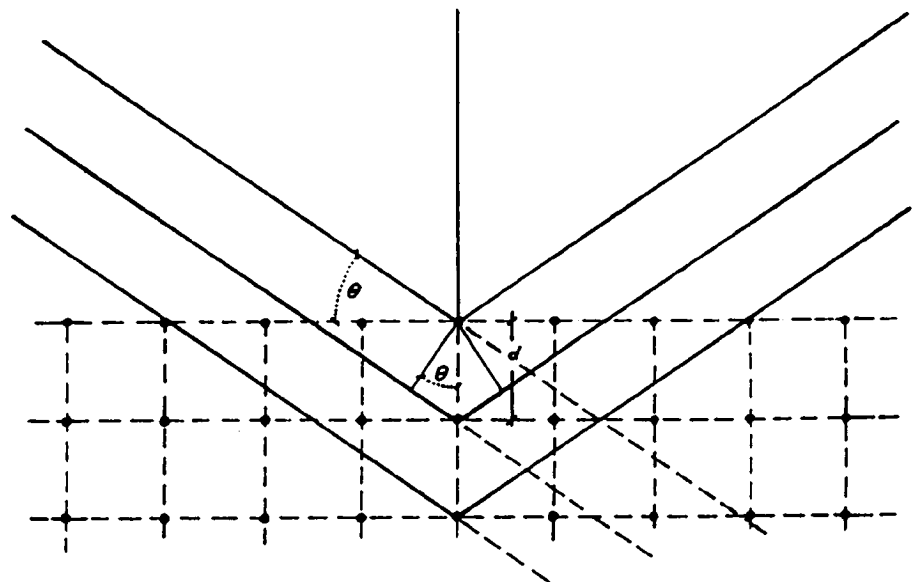


Fig. 6

Para la difracción de 1^{er} orden se tendrá $n=1$ y por lo tanto la igualdad anterior nos permite calcular la distancia d entre las partículas por la fórmula general:

$$d = \frac{\lambda}{2 \cdot \text{sen } \theta} \quad (1)$$

una vez medido el ángulo de inclinación θ y conocida la longitud de onda λ de la radiación X empleada en el ensayo.

La teoría anterior se utiliza en el método de Debye Scherrer de una forma particular que hace al método especialmente manejable.

En lugar de un trozo de materia se trabaja con una muestra de polvo de la misma, conteniendo un gran número de pequeñas partículas, que se aglomeran en forma de cabeza de cerilla con un ligante adecuado.

Este aglomerado se coloca en el interior de una cámara que tiene forma cilíndrico-discoidal, sobre el extremo de una aguja montada según el eje del cilindro (punto O en la sección circular. Fig. 7).

El haz de rayos X entra por un colimador A mientras que en la pared lateral opuesta se sitúa la

película sensible, en forma de banda rectangular estrecha, para obtener el diagrama de difracción.

Al incidir el haz en Q sobre la muestra de polvo, debido a la posición aleatoria de las partículas, se encuentra con un gran número de superficies orientadas en el espacio, como la $S-S'$, formando el ángulo de máxima intensidad de difracción.

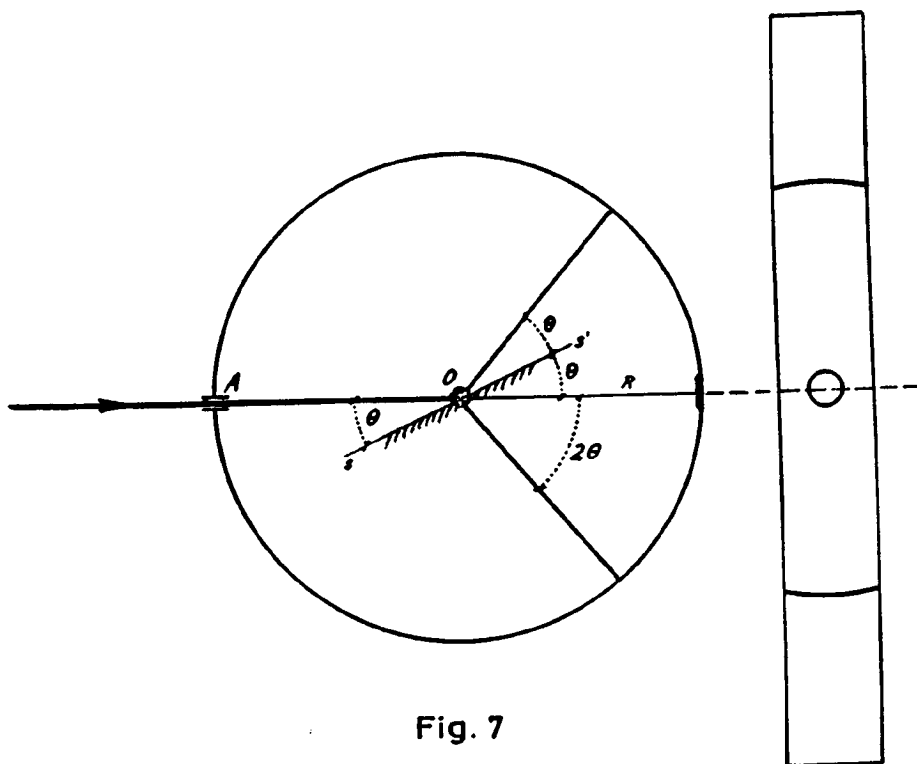


Fig. 7

Como se deduce de la figura, se producirá entonces un cono de difracción, de ángulo total 4θ que impresiona la película según dos curvas simétricas resultantes de la intersección del cono con la superficie cilíndrica.

Una vez obtenido el diagrama y con el radio conocido R de la cámara, se determina fácilmente el valor de θ con el cual se entrará en la fórmula (1) para calcular la distancia d .

OVIEDO Diciembre de 1.990