

Fabricación y propiedades de materiales de carbón y grafito

Los materiales de carbón y grafito se fabrican conforme a métodos basados en la tecnología cerámica clásica. La materia prima, que en este caso puede ser coque de petróleo, coque de brea, hulla o grafito de una determinada granulometría, se mezcla a altas temperaturas

con un aglomerante termoplástico. Éste puede ser brea de base de petróleo o de alquitrán de hulla, así como resinas artificiales. Además, se pueden lograr toda una serie de características especiales añadiendo también a la mezcla aditivos minerales o polvos

metálicos. Así por ejemplo, es característica la tradicional utilización de polvo de cobre para la fabricación de escobillas de carbón para motores de baja tensión.

Preparación y mezcla de los materiales

En Schunk Kohlenstofftechnik la preparación y mezcla de materiales se realiza preferentemente en procesos continuos asistidos por ordenador. La granulometría de los materiales a preparar se supervisa mediante análisis de difracción por láser, en la mayoría de los casos durante el mismo funcionamiento del proceso.

El proceso de mezcla se realiza en extrusoras de dos hélices conforme a parámetros muy específicos que regulan el caudal del material, la configuración de las hélices y el perfil de temperatura.

Conformación

Cuando la mezcla está lista, se comprime en las prensas de molde, isostáticas o de extrusión, formando bloques no sinterizados conocidos como piezas en verde. Este proceso se puede hacer en frío o a temperaturas muy elevadas y la presión puede variar de 2 - 400 Mpa.

Recocido

A continuación el material se introduce en el horno de recocido. Dependiendo de la calidad, dimensiones y las características deseadas, el proceso de recocido se lleva a cabo en hornos continuos o de

cargas con diferentes grados de calentamiento, temperaturas máximas (hasta 1200 °C/2190 °F) y atmósfera del horno.

Durante el proceso de recocido tiene lugar la pirólisis, es decir, la descomposición del aglomerante en componentes volátiles y carbón. Este "coque aglomerante" es el que asegura la integridad del bloque moldeado y recocido.

Después del proceso de recocido aún no existe una estructura de grafito continua en estos bloques, que son frágiles, y que por norma general presentan una dureza y una resistencia mecánica muy alta. En esta etapa, el material se denomina "carbón-grafito" o "carbón duro". Posee en esta fase propiedades idóneas para cierto tipo de aplicaciones mecánicas, como por ejemplo para anillos deslizantes y cojinetes para cierres mecánicos.

Grafitado

El proceso de grafitación es un segundo tratamiento térmico en el que se somete al bloque hasta los 3000 °C,, proceso que le confiere las propiedades gráficas necesarias para múltiples aplicaciones.

En Schunk Kohlenstofftechnik este proceso se lleva a cabo fundamentalmente según el procedimiento de Acheson, según el cual se introduce el

material a grafitar entre dos electrodos y se conecta como una resistencia en el circuito secundario de un transformador, alcanzándose así la temperatura de grafitado por calentamiento por resistencia.

Durante este proceso se forman por recristalización superficies grafitadas cuyas propiedades son las que caracterizan el material grafitado, que se denomina electrografito.

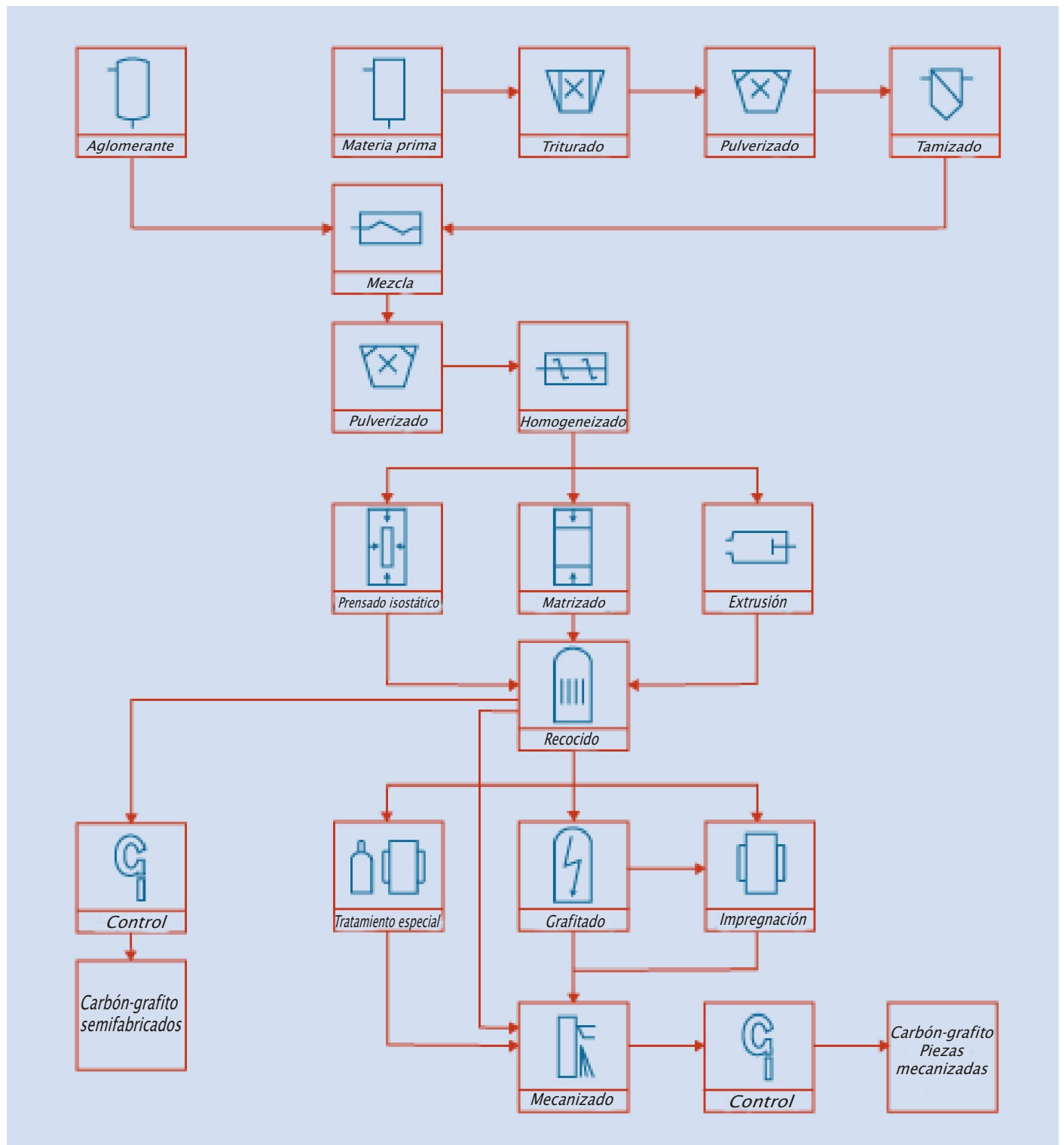
En comparación a los materiales no grafitados, el electrografito tiene generalmente buenas propiedades deslizantes, baja resistividad eléctrica, mayor conductividad térmica y una resistencia a la corrosión mejorada. Se utiliza para aplicaciones que requieren buen deslizamiento, alta resistencia a la corrosión química y gran resistencia al choque térmico así como en las que la alta pureza es un requisito especial o en combinación con otras propiedades.

Los hornos de grafitado de calor inductivo o al vacío se utilizan especialmente con frecuencia para los materiales de carbón de máxima pureza o para los reforzados con fibras de carbón (CFC, CFRC o C/C).

El proceso de fabricación de los materiales de carbón y grafito contiene los siguientes pasos:

- preparación de la materia prima
- mezcla
- conformación
- recocido

- grafitado (solo para la producción de electrografito)
- tratamientos especiales como impregnación, purificación, revestimientos...
- mecanizado final



Impregnación

Adicionalmente, acabado el proceso de fabricación del material base, se pueden aplicar numerosos procesos para generar propiedades especiales para aplicaciones particulares. Así por ejemplo, mediante impregnación con resina sintética, la estructura porosa originada por la pirólisis del aglomerante puede impermeabilizarse al gas y a los líquidos, y con la impregnación metálica se puede incrementar la dureza y la resistencia del material entre 2 y 5 veces.

Aglomeración con resina sintética

También se pueden alcanzar propiedades especiales aglomerando los materiales de carbón con resina sintética. Se pueden fabricar materiales impermeables a los líquidos y los gases sin estar sujetos al proceso de cocción o impregnación. Al no tener que grafitarlos, estos materiales tienen unas propiedades de deslizamiento moderadas que pueden mejorarse utilizando grafito natural o grafito sintético como materia prima.

Los materiales de carbón aglomerados con resina sintética solo pueden utilizarse hasta la temperatura de fusión de la resina, generalmente entre 180 °C y 280 °C (350 °F - 530 °F). La fabricación de materiales aglomerados con resina sintética de baja resistencia eléctrica no es posible debido a las propiedades aislantes de la resina.

Tratamientos especiales

Existe una gran variedad de tratamientos especiales, entre los que podemos mencionar

- Purificación de piezas de grafito con el fin de obtener productos de máxima pureza
- Revestimiento de grafitos de alta pureza con carbón pirolítico (PyC) o carburo de silicio (SiC)
- Desgasificación en alto vacío

Gracias a la gran variedad de posibilidades de modificar los materiales de carbón y grafito, y de optimizar sus propiedades según la aplicación a la que estén destinados, los campos de aplicación para estos grupos de materiales se han extendido a todos los ámbitos de la tecnología, y siguen en constante expansión.

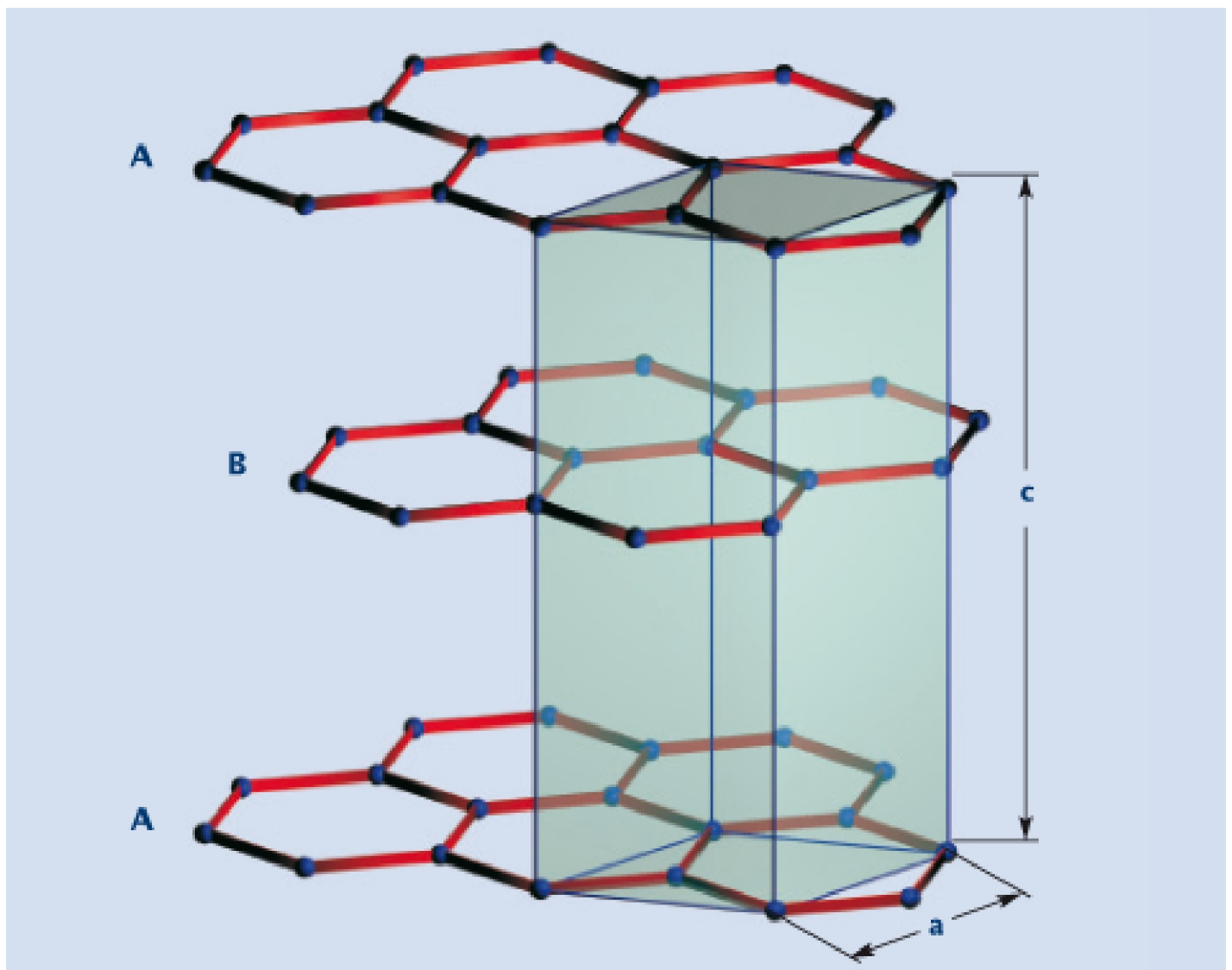
Propiedades derivadas de la estructura y aglomeración

Debido a las características especiales de aglomeración de los átomos de carbón dentro de la estructura del grafito, éste se cristaliza formando capas de estructuras hexagonales. Esta estructura es la que le confiere las propiedades deslizantes, la anisotropía de la conductividad eléctrica y térmica así como el coeficiente de dilatación térmica. Todas estas características dependen de la estructura y aglomeración del grafito.

Asimismo, es la aglomeración de los átomos de carbón dentro de esta estructura de retícula la que determina las propiedades químicas del grafito: debido a la gran resistencia de las uniones covalentes dentro de la retícula, los materiales de carbón poseen una elevada resistencia frente a ácidos, bases, gases, fusiones, etc.

La resistencia de los materiales de carbón está solamente

limitada por el oxígeno y los medios altamente oxidantes. En atmósfera oxidante los materiales de carbón-grafito son estables hasta 350 °C (660 °F) mientras que los materiales grafitados empiezan a oxidarse por encima de 500-600° C (930-1110 °F).



Estructura del grafito

Propiedades derivadas del proceso

Además de las características derivadas de estructura y aglomeración, los materiales de carbón tienen propiedades íntimamente relacionadas con el proceso de fabricación en sí. Los materiales de carbón-grafito fabricados según los métodos de fabricación anteriormente descritos tienen una microestructura poligranular y policristalina.

Frecuentemente los microcristales presentes ya en los granos de los materiales sólidos de partida están dispuestos al azar, de manera que la anisotropía de redícula apenas se aprecia dentro de estos granos.

La porosidad es una característica especialmente afectada por el método de fabricación y puede variar de 0 a 50 %. La porosidad puede definirse por el volumen de los poros y la distribución de éstos. Ambas características definen materiales diferentes y métodos de fabricación diferentes. Por norma general hay materiales de porosidad abierta y cerrada. Los de porosidad abierta pueden impregnarse, mientras que los de porosidad cerrada no.

Debido a la porosidad y a los diferentes grados de grafitado admisible de los materiales de carbón, todos los carbones policristalinos fabricados industrialmente muestran una menor densidad en masa que la que teóricamente se calcula basándonos en la estructura cristalina ideal del grafito. Dependiendo del método de fabricación, la resistencia a la flexión y a la compresión pueden variar también ampliamente. La resistencia a la flexión puede oscilar entre 10 y 150 MPa.

Métodos para la determinación de las propiedades del material

Primeramente, hay que tener en cuenta las propiedades que son relativamente fáciles de determinar pero que son características para una calidad

- Resistividad eléctrica específica (DIN51911)
- Dureza Rockwell (DIN51917)
- Densidad en masa (DIN IEC 60413, DIN 51918)
- Resistencia a la flexión (DIN51902)
- Contenido en cenizas (DIN 51903)

Estas propiedades permiten una rápida identificación del material así como la inspección de calidad, y suelen ser las especificaciones básicas de cualquier suministro entre cliente y fabricante.

Los métodos de ensayo mencionados están comprendidos, con especial referencia a las escobillas de carbón, en DIN IEC 60413. Pueden encontrarse más estándares para la investigación de materiales de carbón en las Series DIN 51901 hasta 51940.

Más características

En las calidades de carbón y grafito se pueden determinar además características adicionales como módulo de elasticidad, resistencia a la compresión y tracción, y datos termofísicos como coeficiente de dilatación térmica, conductividad térmica y capacidad térmica específica.

Determinar estas propiedades conlleva un gran número de mediciones, aunque el conocer estos datos según la aplicación o el propósito de los ensayos es vital.

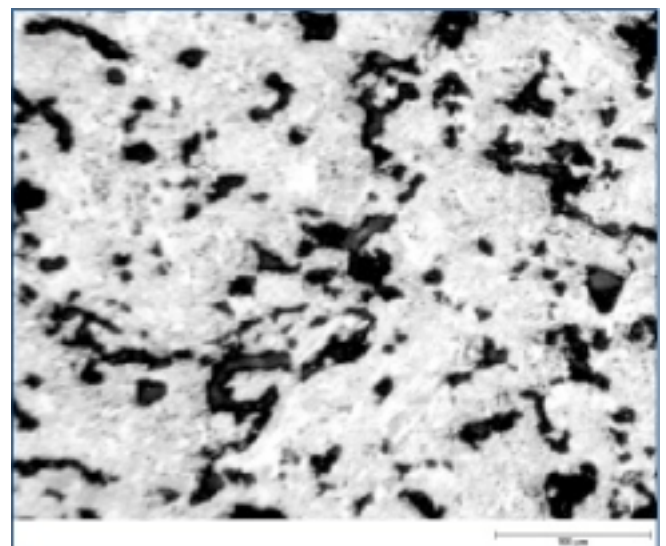
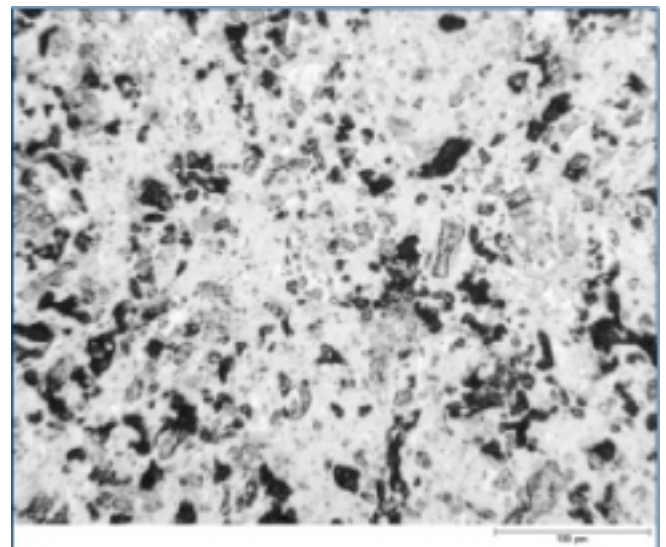
Así, por norma general, no basta con saber la porosidad de un material de grafito o carbón para caracterizar su comportamiento frente a la impregnación, casi siempre es necesario determinar tamaño y distribución de los poros, analizar su estructura microscópica así como su posible humectabilidad frente a diferentes medios de impregnación..

Además a menudo también interesa el efecto del proceso de impregnación sobre cualidades concretas de la calidad, como por ejemplo la resistencia a la abrasión o la permeabilidad.

Todas estas mediciones exigen en general un amplio equipo de laboratorio.

Si lo desean, podemos asesorarles al respecto.

Micrografías de estructuras de carbón con diferente porosidad y distribución de grano

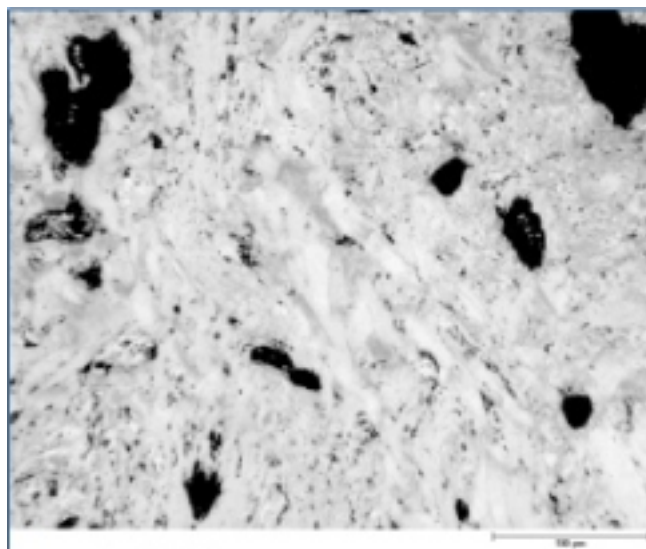


Ensayos relacionados con la aplicación

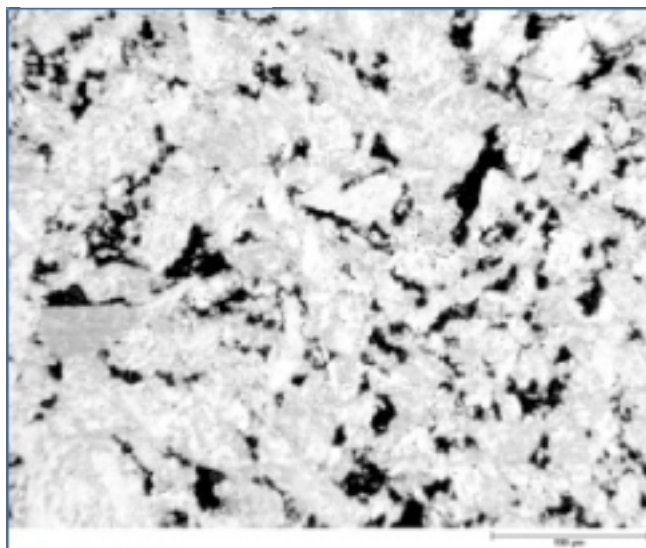
Además de las pruebas para determinar las características anteriormente descritas, según la aplicación de determinados productos, se llevan también a cabo ensayos para determinar

- el coeficiente de fricción respecto a otros materiales
- la resistencia de paso en superficies deslizantes
- el desgaste en diferentes condiciones de funcionamiento
- la absorción de gases
- el comportamiento de humectabilidad con diferentes fundiciones
- comportamiento de radio-interferencias en contactos eléctricos
- resistencia eléctrica dependiendo de la temperatura

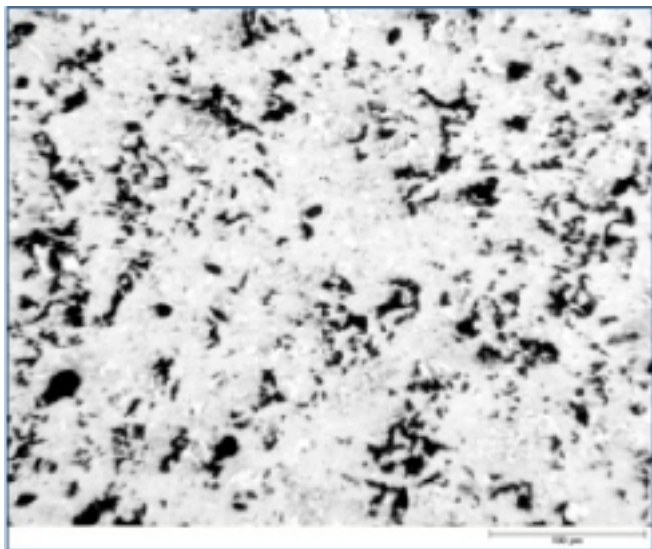
Grafito policristalino



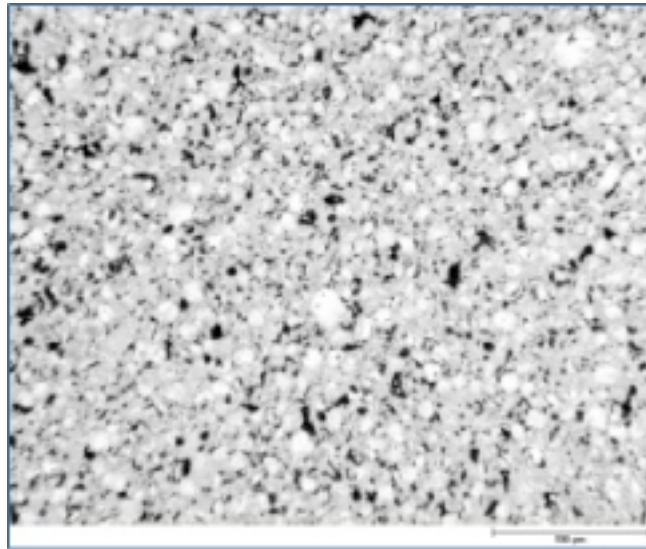
Grano grueso FE934



Grano fino FE219



Grano fino FE679



Grano muy fino FE779

Materiales técnicos de carbón y grafito

Los materiales de carbón y grafito se fabrican de forma poligranular o policristalina. Esto significa que los granos de la materia prima se componen de minúsculos cristales orientados de diferentes maneras. Debido a esta estructura microcristalina el cuerpo macroscópico a menudo no muestra las propiedades anisotrópicas cristalinas del monocristal de grafito. La anisotropía de la conductividad eléctrica o del coeficiente de dilatación térmica apenas está presente en las calidades policristalinas, o al menos, está muy debilitada.

La anisotropía de las propiedades que aparece en las calidades policristalinas de carbón, está predominantemente determinada por el procedimiento de prensado. Así por ejemplo las calidades de prensado isostático tienen una anisotropía mínima o ninguna, mientras que las calidades matriciadas por una o ambas caras tienen una anisotropía más acusada. Por este motivo, cuando se indican los valores físicos de una calidad, a menudo se distingue entre la propiedad medida en perpendicular o en paralelo a la dirección de prensado.

Otra forma técnica de grafito/carbón es el carbón pirolítico o grafito pirolítico. Se trata de un material que escinde en la fase gaseosa el contenido de hidrocarburos depositándolo sobre un cuerpo de soporte calentado (procedimiento CVD). Esta calidad tiene, debido a su proceso de fabricación, propiedades mucho más resistentes que las de los monocristales de grafito.

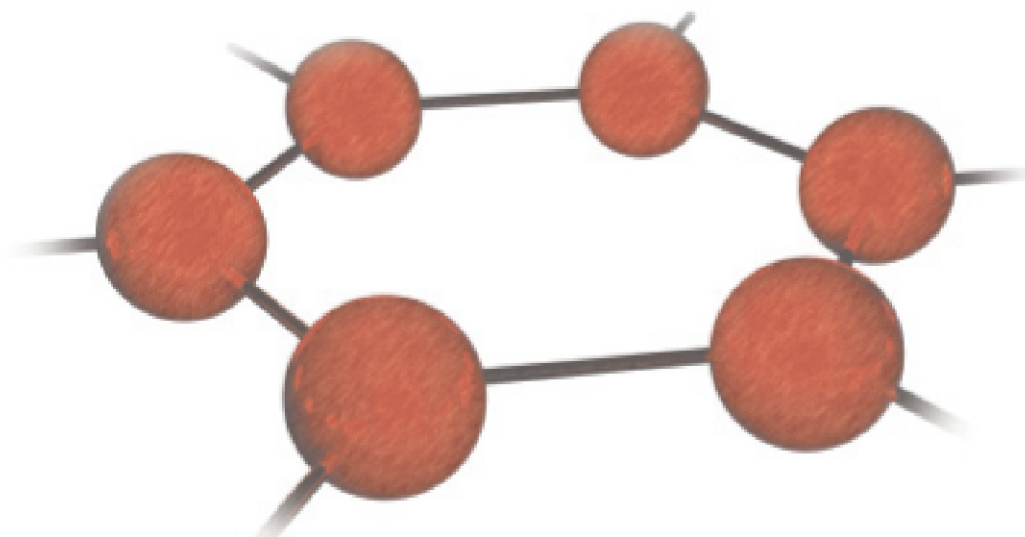
Este proceso de elaboración requiere muchos aparatos y resulta caro, por lo que solo suele usarse en general para revestimiento de superficies de calidades de carbón policristalinas normales, por ej. para lograr una permeabilidad baja a los gases o una superficie resistente a la fricción. En pocos casos se utiliza carbón pirolítico de manera compacta, uno de ellos es por ejemplo las rejillas de alta capacidad en vacío.

Otra clase de carbones -grafitos son los materiales reforzados con fibras de carbón o grafito. Se fabrican por pirólisis de fibras de polímeros, preferentemente poliácridnitrilos (PAN), o fibras con una base especial de brea.

Las fibras de carbón se utilizan para reforzar polímeros (polímeros reforzados con fibra de carbón, CFRP-CFK), carbón (carbón reforzado con fibra de carbón CFRC, CFC ó C/C) o cerámica (composites de matriz cerámica CMC) y metales.

Los composites se utilizan normalmente cuando la aplicación requiere una alta rigidez y resistencia a la vez que un peso muy bajo. Aplicaciones típicas para CFRP son equipamiento deportivo, componentes para aviación y tecnología espacial que no están sometidos a fuertes cargas térmicas. Para aplicaciones de altas temperaturas como por ej. en la industria de los semiconductores o en construcción de hornos se utiliza CFC/C-C.

Otra forma más económica de fibras de carbón son los fieltros de carbón que se utilizan como aislantes térmicos



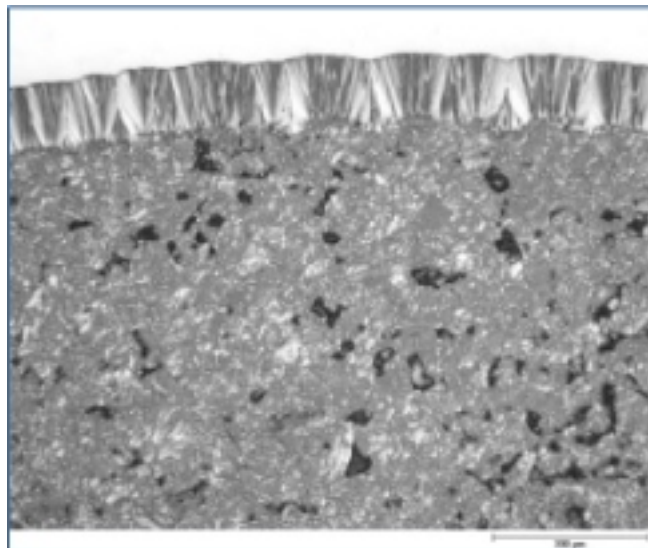
Campos de aplicación de los materiales de carbón y grafito

Debido a sus propiedades especiales los materiales de carbon y grafito de Schunk se utilizan en productos electrotécnicos, componentes de ingeniería mecánica, industria de semiconductores y tecnología médica.

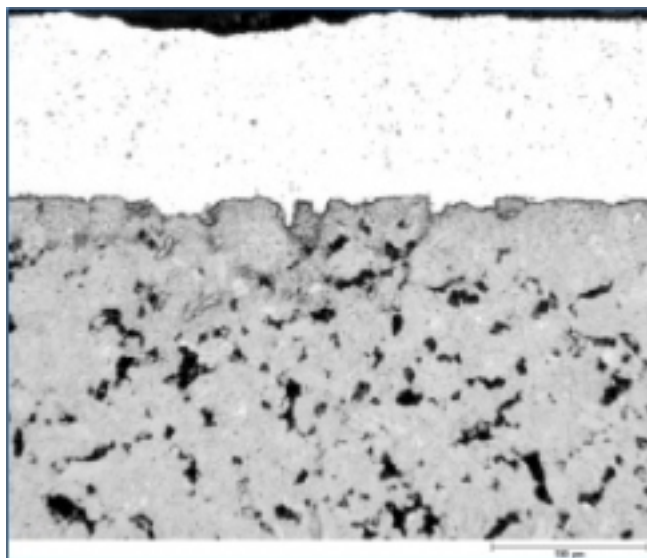
Encontrarán mas detalles particulares de cada producto y sus aplicaciones en nuestra página Web.

Códigos de los materiales de Schunk

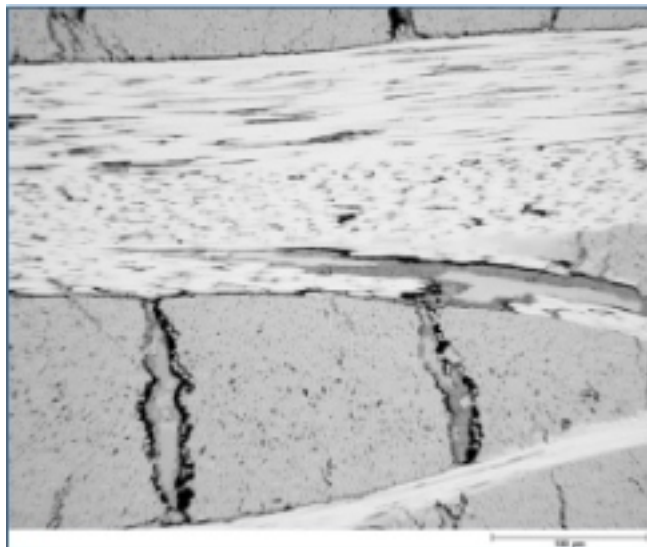
La codificación de materiales de Schunk se basa en el sistema alfanumérico. Los diferentes grupos de materiales de carbón de Schunk se identifican mediante una o dos letras iniciales del código de calidad. Los materiales para escobillas de carbón solo tienen una letra para designar la categoría. Todos los demás materiales se denominan con dos letras. La "F" denota "forma prensada" y cuando ocupa el primer lugar se trata de una aplicación mecánica.



Electrografito con revestimiento PyC



Electrografito con revestimiento SiC



Textura de un material CFC /CFRC/C-C

Codificación de materiales- denominación de calidades

A	Grafito natural / cobre
B,C	Grafito natural / cobre Aleación de metal blanco
E	Electrografito
F	Grafito natural, aglomerado con resina sintética
H	Carbón-grafito
K	Grafito natural / cobre aglomerado con brea
L	Carbón-grafito
S	Grafito natural / plata
U	Calidad especial
BH	Carbón-grafito, material para frotadores
WH	Carbón-grafito, material para resistencia
FE	Electrografito
FF	Calidades aglomeradas con resina sintética
FH	Carbón-grafito
FR,FP,FG	Electrografito de alta pureza y de máxima pureza
CF	Calidad reforzada con fibras de carbón
FU	Calidad especial

Tratamientos especiales más importantes

A	Impregnación de antimonio
B	Impregnación de plomo-antimonio
C	Impregnación de cobre
D	Impregnación de bronce al plomo
F,H,V	Impregnación para optimizar el comportamiento de rodadura de las escobillas de carbón
G	Desgasificación al alto vacío
M	Escobilla pegada (sándwich)
Q,M,PS	Impregnación con sal
R	Inspección rayos-X
S	Material de impregnación pirolizado
T	Impregnación para optimizar el índice de abrasión de las escobillas de carbón
U	eliminación de polvo con ultrasonido
X,Z,ZP	Impregnación de resina sintética
Y	Impregnación de resina sintética, pirolizada



Schunk Ibérica, S.A.

03.05s/2007

C/ El Horcajo, 6 - Apdo. 52
P. I. Las Arenas
28320 Pinto - Madrid

Tels.: 916 912 511 / 913 940 900
Fax: 916 923 277 / 913 940 931

mail@schunk.es
www.schunk.es