

INDICE

Acero 3

Clasificación del acero

ACERO

Después del siglo XIV se aumentó el tamaño de los hornos utilizados para la fundición y se incrementó el tiro para forzar el paso de los gases de combustión por la carga o mezcla de materias primas. En estos hornos de mayor tamaño el mineral de hierro de la parte superior del horno se reducía a hierro metálico y a continuación absorbía más carbono como resultado de los gases que lo atravesaban. El producto de estos hornos era el llamado arrabio, una aleación que funde a una temperatura menor que el acero o el hierro forjado. El arrabio se refinaba después para fabricar acero.

La producción moderna de acero emplea altos hornos que son modelos perfeccionados de los usados antiguamente. El proceso de refinado del arrabio mediante chorros de aire se debe al inventor británico Henry Bessemer, que en 1855 desarrolló el horno o convertidor que lleva su nombre. Desde la década de 1960 funcionan varios minihornos que emplean electricidad para producir acero a partir de material de chatarra. Sin embargo, las grandes instalaciones de altos hornos continúan siendo esenciales para producir acero a partir de mineral de hierro.



Producción de acero

El arrabio fundido se vierte en un crisol abierto para ser convertido en acero. El acero es una forma de hierro producida a partir de mineral de hierro, coque y caliza en un alto horno. Para fabricar un acero resistente hay que eliminar el exceso de carbono y otras impurezas.

Clasificación del acero

Los diferentes tipos de acero se agrupan en cinco clases principales: aceros al carbono, aceros aleados, aceros de baja aleación ultrarresistentes, aceros inoxidables y aceros de herramientas.

Aceros al carbono

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas o pasadores para el pelo.

Aceros aleados

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros se emplean, por ejemplo, para fabricar engranajes y ejes de motores, patines o cuchillos de corte.

Aceros de baja aleación ultrarresistentes

Esta familia es la más reciente de las cinco grandes clases de acero. Los aceros de baja aleación son más baratos que los aceros aleados convencionales ya que contienen cantidades menores de los costosos elementos de aleación. Sin embargo, reciben un tratamiento especial que les da una resistencia mucho mayor que la del acero al carbono. Por ejemplo, los vagones de mercancías fabricados con aceros de baja aleación pueden transportar cargas más grandes porque sus paredes son más delgadas que lo que sería necesario en caso de emplear acero al carbono. Además, como los vagones de acero de baja aleación pesan menos, las cargas pueden ser más pesadas. En la actualidad se construyen muchos edificios con estructuras de aceros de baja aleación. Las vigas pueden ser más delgadas sin disminuir su resistencia, logrando un mayor espacio interior en los edificios.

Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables contienen cromo, níquel y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refineries de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad.

Aceros de herramientas

Estos aceros se utilizan para fabricar muchos tipos de herramientas y cabezales de corte y modelado de máquinas empleadas en diversas operaciones de fabricación. Contienen volframio, molibdeno y otros elementos de aleación, que les proporcionan mayor resistencia, dureza y durabilidad.

Estructura del acero

Las propiedades físicas de los aceros y su comportamiento a distintas temperaturas dependen sobre todo de la cantidad de carbono y de su distribución en el hierro. Antes del tratamiento térmico, la mayor parte de los aceros son una mezcla de tres sustancias: ferrita, perlita y cementita. La ferrita, blanda y dúctil, es hierro con pequeñas cantidades de carbono y otros elementos en disolución. La cementita, un compuesto de hierro con el 7% de carbono aproximadamente, es de gran dureza y muy quebradiza. La perlita es una profunda mezcla de ferrita y cementita, con una composición específica y una estructura característica, y sus propiedades físicas son intermedias entre las de sus dos componentes. La resistencia y dureza de un acero que no ha sido tratado térmicamente depende de las proporciones de estos tres ingredientes. Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita: cuando el acero tiene un 0,8% de carbono, está por completo compuesto de perlita. El acero con cantidades de carbono aún mayores es una mezcla de perlita y cementita. Al elevarse la temperatura del acero, la ferrita y la perlita se transforman en una forma alotrópica de aleación de hierro y carbono conocida como austenita, que tiene la propiedad de disolver todo el carbono libre presente en el metal. Si el acero se enfría despacio, la austenita vuelve a convertirse en ferrita y perlita, pero si el enfriamiento es repentino la austenita se convierte en martensita, una modificación

alotrópica de gran dureza similar a la ferrita pero con carbono en solución sólida.

Tratamiento térmico del acero

El proceso básico para endurecer el acero mediante tratamiento térmico consiste en calentar el metal hasta una temperatura a la que se forma austenita, generalmente entre los 750 y 850 °C, y después enfriarlo con rapidez sumergiéndolo en agua o aceite. Estos tratamientos de endurecimiento, que forman martensita, crean grandes tensiones internas en el metal, que se eliminan mediante el temple o el recocido, que consiste en volver a calentar el acero hasta una temperatura menor. El temple reduce la dureza y resistencia y aumenta la ductilidad y la tenacidad.

El objetivo fundamental del proceso de tratamiento térmico es controlar la cantidad, tamaño, forma y distribución de las partículas de cementita contenidas en la ferrita, que a su vez determinan las propiedades físicas del acero.

Hay muchas variaciones del proceso básico. Los ingenieros metalúrgicos han descubierto que el cambio de austenita a martensita se produce en la última fase del enfriamiento, y que la transformación se ve acompañada de un cambio de volumen que puede agrietar el metal si el enfriamiento es demasiado rápido. Se han desarrollado tres procesos relativamente nuevos para evitar el agrietamiento. En el templado prolongado, el acero se retira del baño de enfriamiento cuando ha alcanzado la temperatura en la que empieza a formarse la martensita, y a continuación se enfría despacio en el aire. En el martemplado, el acero se retira del baño en el mismo momento que el templado prolongado y se coloca en un baño de temperatura constante hasta que alcanza una temperatura uniforme en toda su sección transversal. Después se deja enfriar el acero en aire a lo largo del rango de temperaturas de formación de la martensita, que en la mayoría de los aceros va desde unos 300 °C hasta la temperatura ambiente. En el austemplado, el acero se enfría en un baño de metal o sal mantenido de forma constante a la temperatura en que se produce el cambio estructural deseado, y se conserva en ese baño hasta que el cambio es completo, antes de pasar al enfriado final.

Hay también otros métodos de tratamiento térmico para endurecer el acero. En la cementación, las superficies de las piezas de acero terminadas se endurecen al calentarlas con compuestos de carbono o nitrógeno. Estos compuestos reaccionan con el acero y aumentan su contenido de carbono o forman nitruros en su capa superficial. En la carburización la pieza se calienta cuando se mantiene rodeada de carbón vegetal, coque o de gases de carbono como metano o monóxido de carbono. La cianurización consiste en endurecer el metal en un baño de sales de cianuro fundidas para formar carburos y nitruros. La nitrurización se emplea para endurecer aceros de composición especial mediante su calentamiento en amoníaco gaseoso para formar nitruros de aleación.

Alto horno

Para transformar mineral de hierro en arrabio útil hay que eliminar sus impurezas. Esto se logra en un alto horno forzando el paso de aire extremadamente caliente a través de una mezcla de mineral, coque y caliza, la llamada carga. Unas vagonetas vuelcan la carga en unas tolvas situadas en la parte superior del horno. Una vez en el horno, la carga es sometida a chorros de aire de hasta 870 °C (el horno debe estar forrado con una capa de ladrillo refractario para resistir esas temperaturas). El metal fundido se acumula en la parte inferior. Los residuos (la escoria) flotan por encima del arrabio fundido. Ambas sustancias se extraen periódicamente para ser procesadas.

ALUMINIO

Aluminio, de símbolo Al, es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre. Su número atómico es 13 y se encuentra en el grupo 13 de la tabla periódica.

El químico danés Hans Christian Oersted aisló el aluminio por primera vez en 1825, por medio de un proceso químico que utilizaba una amalgama de potasio y cloruro de aluminio. Entre 1827 y 1845, el químico alemán Friedrich Wöhler mejoró el proceso de Oersted utilizando potasio metálico y cloruro de aluminio. Wöhler fue el primero en medir la densidad del aluminio y demostrar su ligereza. En 1854, Henri Sainte-Claire Deville obtuvo el metal en Francia reduciendo cloruro de aluminio con sodio. Con el apoyo financiero de Napoleón III, Deville estableció una planta experimental a gran escala, y en la exposición de París de 1855 exhibió el aluminio puro.

Propiedades

El aluminio es un metal plateado muy ligero. Su masa atómica es 26,9815; tiene un punto de fusión de 660 °C, un punto de ebullición de 2.467 °C y una densidad relativa de 2,7. Es un metal muy electropositivo y muy reactivo. Al contacto con el aire se cubre rápidamente con una capa dura y transparente de óxido de aluminio que resiste la posterior acción corrosiva. Por esta razón, los materiales hechos de aluminio no se oxidan. El metal reduce muchos compuestos metálicos a sus metales básicos. Por ejemplo, al calentar termita (una mezcla de óxido de hierro y aluminio en polvo), el aluminio extrae rápidamente el oxígeno del óxido; el calor de la reacción es suficiente para fundir el hierro. Este fenómeno se usa en el proceso Goldschmidt o Termita para soldar hierro.

Entre los compuestos más importantes del aluminio están el óxido, el hidróxido, el sulfato y el sulfato mixto. El óxido de aluminio es anfótero, es decir, presenta a la vez propiedades ácidas y básicas. El cloruro de aluminio anhidro es importante en la industria petrolífera. Muchas gemas (el rubí y el zafiro, por ejemplo) consisten principalmente en óxido de aluminio cristalino.

Estado natural

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la corteza terrestre; sólo los no metales oxígeno y silicio son más abundantes. Se encuentra normalmente en forma de silicato de aluminio puro o mezclado con otros metales como sodio, potasio, hierro, calcio y magnesio, pero nunca como metal libre. Los silicatos no son menos útiles, porque es extremadamente difícil, y por tanto muy caro, extraer el aluminio de ellas. La bauxita, un óxido de aluminio hidratado impuro, es la fuente comercial de aluminio y de sus compuestos.

En 1886, Charles Martin Hall en Estados Unidos y Paul L. T. Héroult en Francia descubrieron por separado y casi simultáneamente que el óxido de aluminio o alúmina se disuelve en criolita fundida (Na_3AlF_6), pudiendo ser descompuesta electrolíticamente para obtener el metal fundido en bruto. El proceso Hall-Héroult sigue siendo el método principal para la producción comercial de aluminio, aunque se están estudiando nuevos métodos. La pureza del producto se ha incrementado hasta un 99,5% de aluminio puro en un lingote comercialmente puro; más tarde puede ser refinado hasta un 99,99 por ciento.

Aplicaciones

Un volumen dado de aluminio pesa menos que 1/3 del mismo volumen de acero. Los únicos metales más ligeros son el litio, el berilio y el magnesio. Debido a su elevada proporción resistencia-peso es muy útil para construir aviones, vagones ferroviarios y automóviles, y para otras aplicaciones en las que es importante la movilidad y la conservación de energía. Por su elevada conductividad térmica, el aluminio se emplea en utensilios de cocina y en pistones de motores de combustión interna. Solamente presenta un 63% de la conductividad eléctrica del cobre para alambres de un tamaño dado, pero pesa menos de la mitad. Un alambre de aluminio de conductividad comparable a un alambre de cobre es más grueso, pero sigue siendo más ligero que el de cobre. El peso tiene mucha importancia en la transmisión de electricidad de alto voltaje a larga distancia, y actualmente se usan conductores de aluminio para transmitir electricidad a 700.000 voltios o más.

El metal es cada vez más importante en arquitectura, tanto con propósitos estructurales como ornamentales.

Las tablas, las contraventanas y las láminas de aluminio constituyen excelentes aislantes. Se utiliza también en reactores nucleares a baja temperatura porque absorbe relativamente pocos neutrones. Con el frío, el aluminio se hace más resistente, por lo que se usa a temperaturas criogénicas.

El papel de aluminio de 0,018 cm de espesor, actualmente muy utilizado en usos domésticos, protege los alimentos y otros productos perecederos. Debido a su poco peso, a que se moldea fácilmente y a su compatibilidad con comidas y bebidas, el aluminio se usa mucho en contenedores, envoltorios flexibles, y botellas y latas de fácil apertura. El reciclado de dichos recipientes es una medida de conservación de la energía cada vez más importante. La resistencia a la corrosión al agua del mar del aluminio también lo hace útil para fabricar cascos de barco y otros mecanismos acuáticos.

Se puede preparar una amplia gama de aleaciones recubridoras y aleaciones forjadas que proporcionen al metal más fuerza y resistencia a la corrosión o a las temperaturas elevadas. Algunas de las nuevas aleaciones pueden utilizarse como planchas de blindaje para tanques y otros vehículos militares.

Producción

La producción mundial de aluminio ha experimentado un rápido crecimiento, aunque se estabilizó a partir de 1980. En 1900 esta producción era de 7.300 toneladas, en 1938 de 598.000 toneladas y en 1994 la producción de aluminio primario fue de unos 19 millones de toneladas. Los principales países productores son Estados Unidos, Rusia, Canadá, China y Australia.

ARCILLA

Arcilla, suelo o roca sedimentaria, plástica y tenaz cuando se humedece. Se endurece permanentemente cuando se cuece o calcina. De gran importancia en la industria, la arcilla se compone de un grupo de minerales aluminosilicatos formados por la meteorización de rocas feldespáticas, como el granito. El grano es de tamaño microscópico y con forma de escamas. Esto hace que la superficie de agregación sea mucho mayor que su espesor, lo que permite un gran almacenamiento de agua por adherencia, dando plasticidad a la arcilla y provocando la hinchazón de algunas variedades. La arcilla común es una mezcla de caolín, o arcilla china (arcilla hidratada) y de polvo fino de algunos minerales feldespáticos anhidros (sin agua) no descompuestos. Las arcillas varían en plasticidad, todas son más o menos maleables y capaces de ser moldeadas cuando se humedecen con agua. Las arcillas plásticas se usan en todos los tipos de alfarería, en ladrillos, baldosas, pipas, ladrillos refractarios y otros productos. Las variedades más comunes de arcilla y de roca de arcilla son: la arcilla china o caolín; la arcilla de pipa, similar al caolín pero con un contenido mayor de sílice; la arcilla de alfarería, no tan pura como la arcilla de pipa; la arcilla de escultura, o arcilla plástica, una arcilla fina de alfarería mezclada, a veces, con arena fina; arcilla para ladrillos, una mezcla de arcilla y arena con algo de materia ferruginosa (con hierro); la arcilla refractaria, con pequeño o nulo contenido de caliza, tierra alcalina o hierro (que actúan como flujos), por tanto, es infusible y muy refractaria; el esquisto y la marga.

En España existen muchas variedades de arcilla, desde la de cocción negra hasta el caolín, base de la riqueza arcillosa del país. Los yacimientos de arcilla más importantes se encuentran en Galicia, sierra de Guadarrama, Cataluña y País Vasco.

ARENA

Arena, masa desagregada e incoherente de materias minerales en estado granular fino, que consta normalmente de cuarzo (sílice) con una pequeña proporción de mica, feldespato, magnetita y otros minerales resistentes. Es el producto de la desintegración química y mecánica de la rocas bajo meteorización y abrasión. Cuando las partículas acaban de formarse suelen ser angulosas y puntiagudas, haciéndose más pequeñas y redondeadas por la fricción provocada por el viento y el agua.

La arena es un constituyente importante de muchos suelos y es muy abundante como depósito superficial a lo largo de los cursos de muchos ríos, en las orillas de lagos, en las costas y en las regiones áridas. Un tipo particular de arena es el ingrediente principal en la fabricación de vidrio. Otras clases se utilizan en fundición para hacer moldes o para fabricar cerámicas, yesos y cementos. La arena se usa como abrasivo molidor y pulidor bajo la forma de papel de lija, hoja de papel con una de sus caras cubierta de arena o de una sustancia abrasiva similar. La utilización de chorros de arena, impulsados por aire o vapor a presión, es una técnica importante en la limpieza de la piedra o en el pulido de superficies metálicas rugosas.

CEMENTO

Cemento, sustancia de polvo fino hecha de argamasa de yeso capaz de formar una pasta blanda al mezclarse con agua y que se endurece espontáneamente en contacto con el aire.

El cemento tiene diversas aplicaciones como en la unión de arena y grava con cemento Portland (es el más usual) para formar hormigón, pegar superficies de distintos materiales o para revestimientos de superficies a fin de protegerlas de la acción de sustancias químicas. El cemento tiene diferentes composiciones para usos diversos. Pueden recibir el nombre del componente principal, como el cemento calcáreo, que contiene óxido de silicio, o como el cemento epoxiaco, que contiene resinas epoxídicas; o de su principal característica, como el cemento hidráulico, o el cemento rápido. Los cementos utilizados en la construcción se denominan en algunas ocasiones por su origen, como el cemento romano, o por su parecido con otros materiales, como el caso del cemento Portland, que tiene cierta semejanza con la piedra de Portland, usada en Gran Bretaña para la construcción. Los cementos que resisten altas temperaturas se llaman cementos refractantes.

El cemento se asienta o endurece por evaporación del líquido plasticizante, como el agua, por transformación química interna, por hidratación, o por el crecimiento de cristales entrelazados. Otros tipos de cemento se endurecen al reaccionar con el oxígeno y el dióxido de carbono de la atmósfera.

Introducción de pilotes de hormigón

El cemento Portland, mezclado con agua y arena o grava, forma hormigón, el material de construcción más utilizado hoy. Aquí, un martinete clava en el suelo los pilotes de hormigón que sostendrán un edificio.

Historia

Aunque ciertos tipos de cementos que se fraguan y endurecen con agua de origen mineral eran conocidos desde la antigüedad, sólo han sido empleados como cementos hidráulicos a partir de mediados del siglo XVIII. El término cemento Portland se empleó por primera vez en 1824 por el fabricante inglés de cemento Joseph Aspdin, debido a su parecido con la piedra de Portland, que era muy utilizada para la construcción en Inglaterra. El primer cemento Portland moderno, hecho de piedra caliza y arcillas o pizarras, calentadas hasta convertirse en carbonilla (o escorias) y después trituradas, fue producido en Gran Bretaña en 1845. En aquella época el cemento se fabricaba en hornos verticales, esparciendo las materias primas sobre capas de coque a las que se prendía fuego. Los primeros hornos rotatorios surgieron hacia 1880. El cemento Portland se emplea hoy en la mayoría de las estructuras de hormigón.

La mayor producción de cemento se produce, en la actualidad, en los países más poblados y/o industrializados, aunque también es importante la industria cementera en los países menos desarrollados. La antigua Unión Soviética, China, Japón y Estados Unidos son los mayores productores, pero Alemania, Francia, Italia, España y Brasil son también productores importantes.

COBRE

Cobre, de símbolo Cu, es uno de los metales de mayor uso, de apariencia metálica y color pardo rojizo. El

cobre es uno de los elementos de transición de la tabla periódica, y su número atómico es 29.

Ya era conocido en épocas prehistóricas, y las primeras herramientas y enseres fabricados probablemente fueran de cobre. Se han encontrado objetos de este metal en las ruinas de muchas civilizaciones antiguas, como en Egipto, Asia Menor, China, sureste de Europa, Chipre (de donde proviene la palabra cobre), Creta y América del Sur. El cobre puede encontrarse en estado puro.

Aplicaciones y propiedades

Su punto de fusión es de 1.083 °C, mientras que su punto de ebullición es de unos 2.567 °C, y tiene una densidad de 8,9 g/cm³. Su masa atómica es 63,546.

El cobre tiene una gran variedad de aplicaciones a causa de sus ventajosas propiedades, como son su elevada conductividad del calor y electricidad, la resistencia a la corrosión, así como su maleabilidad y ductilidad, además de su belleza. Debido a su extraordinaria conductividad, sólo superada por la plata, el uso más extendido del cobre se da en la industria eléctrica. Su ductilidad permite transformarlo en cables de cualquier diámetro, a partir de 0,025 mm. La resistencia a la tracción del alambre de cobre estirado es de unos 4.200 kg/cm². Puede usarse tanto en cables y líneas de alta tensión exteriores como en el cableado eléctrico en interiores, cables de lámparas y maquinaria eléctrica en general: generadores, motores, reguladores, equipos de señalización, aparatos electromagnéticos y sistemas de comunicaciones.

A lo largo de la historia, el cobre se ha utilizado para acuñar monedas y confeccionar útiles de cocina, tinajas y objetos ornamentales. En un tiempo era frecuente reforzar con cobre la quilla de los barcos de madera para proteger el casco ante posibles colisiones. El cobre se puede galvanizar fácilmente como tal o como base para otros metales. Con este fin se emplean grandes cantidades en la producción de electrotipos (reproducción de caracteres de impresión).

La metalurgia del cobre varía según la composición de la mena. El cobre en bruto se tritura, se lava y se prepara en barras. Los óxidos y carbonatos se reducen con carbono. Las menas más importantes, las formadas por sulfuros, no contienen más de un 12% de cobre, llegando en ocasiones tan sólo al 1%, y han de triturarse y concentrarse por flotación. Los concentrados se funden en un horno de reverbero que produce cobre metálico en bruto con una pureza aproximada del 98%. Este cobre en bruto se purifica por electrólisis, obteniéndose barras con una pureza que supera el 99,9 por ciento.

El cobre puro es blando, pero puede endurecerse posteriormente. Las aleaciones de cobre, mucho más duras que el metal puro, presentan una mayor resistencia y por ello no pueden utilizarse en aplicaciones eléctricas. No obstante, su resistencia a la corrosión es casi tan buena como la del cobre puro y son de fácil manejo. Las dos aleaciones más importantes son el latón, una aleación con cinc, y el bronce, una aleación con estaño. A menudo, tanto el cinc como el estaño se funden en una misma aleación, haciendo difícil una diferenciación precisa entre el latón y el bronce. Ambos se emplean en grandes cantidades. También se usa el cobre en aleaciones con oro, plata y níquel, y es un componente importante en aleaciones como el monel, el bronce de cañón y la plata alemana o alpaca.

El cobre forma dos series de compuestos químicos: de cobre (I), en la que el cobre tiene una valencia de 1, y de cobre (II), en la que su valencia es 2. Los compuestos de cobre (I) apenas tienen importancia en la industria y se convierten fácilmente en compuestos de cobre (II) al oxidarse por la simple exposición al aire. Los compuestos de cobre (II) son estables. Algunas disoluciones de cobre tienen la propiedad de disolver la celulosa, por lo que se usan grandes cantidades de cobre en la fabricación de rayón. También se emplea el cobre en muchos pigmentos, en insecticidas como el verde de Schweinfurt, o en fungicidas como la mezcla de Burdeos, aunque para estos fines está siendo sustituido ampliamente por productos orgánicos sintéticos.

Mineral de cobre

Esta muestra contiene dos tipos importantes de minerales de cobre: calcopirita (*parte superior*) y bornita (*parte inferior*). Los minerales de cobre se encuentran en todo el mundo, pero el bajo porcentaje de metal obtenido del mineral y la inaccesible situación de los depósitos hacen que las minas sean poco lucrativas. El cobre es el segundo metal más utilizado en el mundo y es valorado por su conductividad, maleabilidad, resistencia a la corrosión, y por su belleza.

Producción del cobre

Los yacimientos de cobre contienen generalmente concentraciones muy bajas del metal. Ésta es la causa de que muchas de las distintas fases de producción tengan por objeto la eliminación de impurezas. La mena de cobre se tritura y muele antes de ser introducida en una cámara de flotación, en la que el cobre se concentra en la superficie, mientras los fragmentos sobrantes se hunden. Después, el concentrado, que se denomina carga, se introduce en un horno de reverbero que separa más impurezas. Durante el proceso de fundición, se extraen los gases de desecho, y el material forma en el fondo del horno un charco de hierro y cobre fundidos, llamado mata. La capa anaranjada de metal impuro en la superficie de la mata es escoria, que se drena y extrae mientras la mata de cobre sigue su proceso en un convertidor. El cobre fundido del convertidor es moldeado, y debe ser refinado una vez más por electrólisis antes de utilizarse para la fabricación de productos como cables eléctricos y herramientas.

Estado natural

El cobre ocupa el lugar 25 en abundancia entre los elementos de la corteza terrestre. Frecuentemente se encuentra agregado con otros metales como el oro, plata, bismuto y plomo, apareciendo en pequeñas partículas en rocas, aunque se han hallado masas compactas de hasta 420 toneladas. El cobre se encuentra por todo el mundo en la lava basáltica, localizándose el mayor depósito conocido en la cordillera de los Andes en Chile, bajo la forma de pórfido. Este país posee aproximadamente el 25% de las reservas mundiales conocidas de cobre y a comienzos de 1980 se convirtió en el primer país productor de este metal. Los principales yacimientos se localizan en Chuquicamata, Andina, El Salvador y El Teniente.

Las principales fuentes del cobre son la calcopirita y la bornita, sulfuros mixtos de hierro y cobre. Otras menas importantes son los sulfuros de cobre calcosina y covellina; la primera se encuentra en Chile, México, Estados Unidos y la antigua URSS, y la segunda, en Estados Unidos. La enargita, un sulfoarseniato de cobre, se encuentra en la antigua Yugoslavia, Suráfrica y América del Norte; la azurita, un carbonato básico de cobre, en Francia y Australia, y la malaquita, otro carbonato básico de cobre, en los montes Urales, Namibia y Estados Unidos. La tetraedrita, un sulfoantimoniuro de cobre y de otros metales, y la crisocola, un silicato de cobre, se hallan ampliamente distribuidos en la naturaleza; la cuprita, un óxido, en España, Chile, Perú y Cuba, y la atacamita, un cloruro básico, cuyo nombre proviene de la región andina de Atacama, en el norte de Chile y Perú.

Mina de cobre a cielo abierto

El cobre metálico y las menas de cobre, como la calcopirita y la bornita, que se encuentran en depósitos cerca de la superficie terrestre, se explotan a cielo abierto. Después es necesario refinarlo para separar el cobre de impurezas como sulfuros, carbonatos, hierro y silicatos. El cobre se emplea a gran escala en la fabricación de componentes eléctricos dada su alta conductividad. Aquí vemos una gran explotación minera a cielo abierto.

ESCAAYOLA

Escayola, compuesto pastoso que se endurece cuando se seca y se utiliza para recubrir paredes interiores, techos y tabiques. La escayola suele estar compuesta por arena, agua y un agente cimentador que puede ser yeso, cal o cemento Portland. Cuando se utiliza para cubrir superficies, se mezcla, al menos la primera y la segunda capa, con estopa o fibra para hacerla más resistente. También se utilizan tableros prefabricados para

sustituir a la escayola, como el *pladur*, hechos con fibra, papel o fieltro, con un núcleo de yeso endurecido. Las molduras que embellecen techos y paredes también se hacen de escayola. A veces se utiliza el término escayola para designar al estuco.

HIERRO

No se conoce con exactitud la fecha en que se descubrió la técnica de fundir mineral de hierro para producir un metal susceptible de ser utilizado. Los primeros utensilios de hierro descubiertos por los arqueólogos en Egipto datan del año 3000 a.C., y se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. Los griegos ya conocían hacia el 1000 a.C. la técnica, de cierta complejidad, para endurecer armas de hierro mediante tratamiento térmico.

Las aleaciones producidas por los primeros artesanos del hierro (y, de hecho, todas las aleaciones de hierro fabricadas hasta el siglo XIV d.C.) se clasificarían en la actualidad como hierro forjado. Para producir esas aleaciones se calentaba una masa de mineral de hierro y carbón vegetal en un horno o forja con tiro forzado. Ese tratamiento reducía el mineral a una masa esponjosa de hierro metálico llena de una escoria formada por impurezas metálicas y cenizas de carbón vegetal. Esta esponja de hierro se retiraba mientras permanecía incandescente y se golpeaba con pesados martillos para expulsar la escoria y soldar y consolidar el hierro. El hierro producido en esas condiciones solía contener un 3% de partículas de escoria y un 0,1% de otras impurezas. En ocasiones esta técnica de fabricación producía accidentalmente auténtico acero en lugar de hierro forjado. Los artesanos del hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero auténtico. El proceso antiguo para fabricar la aleación resistente y maleable conocida como hierro forjado se diferencia con claridad de otras formas de fabricación de acero. Debido a que el proceso, conocido como pudelización, exigía un mayor trabajo manual, era imposible producir hierro forjado en grandes cantidades. El desarrollo de nuevos sistemas con convertidores Bessemer y hornos de crisol abierto permitieron producir un volumen mayor de hierro forjado.

Sin embargo, el hierro forjado ya no se fabrica habitualmente con fines comerciales, debido a que se puede sustituir en casi todas las aplicaciones por acero de bajo contenido en carbono, con menor costo de producción y calidad más uniforme.

El horno de pudelización empleado en el proceso antiguo tiene un techo abovedado de poca altura y un crisol cóncavo en el que se coloca el metal en bruto, separado por una pared de la cámara de combustión donde se quema carbón bituminoso. La llama de la cámara de combustión asciende por encima de la pared, incide en el techo abovedado y reverbera sobre el contenido del crisol. Cuando el horno ha adquirido un calor moderado, el operario que maneja el horno recubre el crisol y las paredes con una pasta de óxido de hierro, por lo general hematites. A continuación, el horno se carga con unos 250 kg de arrabio y se cierra la puerta. Al cabo de unos 30 minutos, el arrabio se ha fundido, y el operario añade a la carga más óxido de hierro o residuos de laminado, mezclándolos con el hierro con una barra de hierro curvada.

El silicio y la mayor parte del manganeso contenidos en el hierro se oxidan, y se elimina parte del azufre y el fósforo. A continuación se eleva un poco la temperatura del horno, y el carbono empieza a quemarse formando óxidos de carbono gaseosos. Según se desprende gas la escoria aumenta de volumen y el nivel de la carga sube. Al quemarse el carbono, la temperatura de fusión aumenta, y la carga se vuelve cada vez más pastosa y vuelve a su nivel anterior. A medida que se incrementa la pureza del hierro, el operario remueve la carga con la barra para garantizar una composición uniforme y una cohesión adecuada de las partículas. La masa resultante, pastosa y esponjosa, se divide en pedazos o bolas de unos 80 o 90 kg. Las bolas se retiran del horno con unas tenazas y se colocan directamente en una prensa que expulsa de la bola la mayor parte de la escoria de silicio mezclada y suelda entre sí los granos de hierro puro. A continuación se corta el hierro en

piezas planas que se apilan unas sobre otras, se calientan hasta la temperatura de soldadura y se laminan para formar una sola pieza. A veces se repite el proceso de laminado para mejorar la calidad del producto.

La técnica moderna para fabricar hierro forjado emplea hierro fundido procedente de un convertidor Bessemer y escoria fundida, que suele prepararse fundiendo mineral de hierro, residuos de laminado y arena en un horno de crisol abierto. Cuando el hierro fundido, que lleva disuelta una gran cantidad de gas, se vierte en la cuchara que contiene la escoria fundida, el metal se solidifica de modo casi instantáneo y libera el gas disuelto. La fuerza ejercida por el gas hace estallar el metal en partículas diminutas que son más pesadas que la escoria y se acumulan en el fondo de la cuchara, donde se aglomeran formando una masa esponjosa similar a las bolas producidas en un horno de pudelización. Cuando se vierte la escoria de la parte superior de la cuchara se retira la bola de hierro y se la somete al mismo tratamiento que el producto del horno de pudelización.

Fabricación de vidrio

El vidrio se fabrica a partir de una mezcla compleja de compuestos vitrificantes, como sílice, fundentes, como los álcalis, y estabilizantes, como la cal. Estas materias primas se cargan en el horno de cubeta (de producción continua) por medio de una tolva. El horno se calienta con quemadores de gas o petróleo. La llama debe alcanzar una temperatura suficiente, y para ello el aire de combustión se calienta en unos recuperadores contruidos con ladrillos refractarios antes de que llegue a los quemadores. El horno tiene dos recuperadores cuyas funciones cambian cada veinte minutos: uno se calienta por contacto con los gases ardientes mientras el otro proporciona el calor acumulado al aire de combustión. La mezcla se funde (zona de fusión) a unos 1.500 °C y avanza hacia la zona de enfriamiento, donde tiene lugar el recocido. En el otro extremo del horno se alcanza una temperatura de 1.200 a 800 °C. Al vidrio así obtenido se le da forma por laminación (como en el esquema superior) o por otro método.

HORMIGON

Hormigón o Concreto, material artificial utilizado en ingeniería que se obtiene mezclando cemento Portland, agua, algunos materiales bastos como la grava y otros refinados, y una pequeña cantidad de aire.

El hormigón es casi el único material de construcción que llega en bruto a la obra. Esta característica hace que sea muy útil en construcción, ya que puede moldearse de muchas formas. Presenta una amplia variedad de texturas y colores y se utiliza para construir muchos tipos de estructuras, como autopistas, calles, puentes, túneles, presas, grandes edificios, pistas de aterrizaje, sistemas de riego y canalización, rompeolas, embarcaderos y muelles, aceras, silos o bodegas, factorías, casas e incluso barcos.

Otras características favorables del hormigón son su resistencia, su bajo costo y su larga duración. Si se mezcla con los materiales adecuados, el hormigón puede soportar fuerzas de compresión elevadas. Su resistencia longitudinal es baja, pero reforzándolo con acero y a través de un diseño adecuado se puede hacer que la estructura sea tan resistente a las fuerzas longitudinales como a la compresión. Su larga duración se evidencia en la conservación de columnas construidas por los egipcios hace más de 3.600 años.

Composición

Los componentes principales del hormigón son pasta de cemento Portland, agua y aire, que puede entrar de forma natural y dejar unas pequeñas cavidades o se puede introducir artificialmente en forma de burbujas. Los materiales inertes pueden dividirse en dos grupos: materiales finos, como puede ser la arena, y materiales bastos, como grava, piedras o escoria. En general, se llaman materiales finos si sus partículas son menores que 6,4 mm y bastos si son mayores, pero según el grosor de la estructura que se va a construir el tamaño de los materiales bastos varía mucho. En la construcción de elementos de pequeño grosor se utilizan materiales con partículas pequeñas, de 6,4 mm. En la construcción de presas se utilizan piedras de 15 cm de diámetro o más. El tamaño de los materiales bastos no debe exceder la quinta parte de la dimensión más pequeña de la pieza de

hormigón que se vaya a construir.

Al mezclar el cemento Portland con agua, los compuestos del cemento reaccionan y forman una pasta aglutinadora. Si la mezcla está bien hecha, cada partícula de arena y cada trozo de grava queda envuelta por la pasta y todos los huecos que existan entre ellas quedarán rellenos. Cuando la pasta se seca y se endurece, todos estos materiales quedan ligados formando una masa sólida.

En condiciones normales el hormigón se fortalece con el paso del tiempo. La reacción química entre el cemento y el agua que produce el endurecimiento de la pasta y la compactación de los materiales que se introducen en ella requiere tiempo. Esta reacción es rápida al principio pero después es mucho más lenta. Si hay humedad, el hormigón sigue endureciéndose durante años. Por ejemplo, la resistencia del hormigón vertido es de 70.307 g/cm² al día siguiente, 316.382 g/cm² una semana después, 421.842 g/cm² al mes siguiente y 597.610 g/cm² pasados cinco años.

Las mezclas de hormigón se especifican en forma de relación entre los volúmenes de cemento, arena y piedra utilizados. Por ejemplo, una mezcla 1:2:3 consiste en una parte por volumen de cemento, dos partes de arena y tres partes de agregados sólidos. Según su aplicación, se alteran estas proporciones para conseguir cambios específicos en sus propiedades, sobre todo en cuanto a resistencia y duración. Estas relaciones varían de 1:2:3 a 1:2:4 y 1:3:5. La cantidad de agua que se añade a estas mezclas es de 1 a 1,5 veces el volumen de cemento. Para obtener hormigón de alta resistencia el contenido de agua debe ser bajo, sólo el suficiente para humedecer toda la mezcla. En general, cuanta más agua se añada a la mezcla, más fácil será trabajarla, pero más débil será el hormigón cuando se endurezca.

El hormigón puede hacerse absolutamente hermético y utilizarse para contener agua y para resistir la entrada de la misma. Por otra parte, para construir bases filtrantes, se puede hacer poroso y muy permeable. También puede presentar una superficie lisa y pulida tan suave como el cristal. Si se utilizan agregados pesados, como trozos de acero, se obtienen mezclas densas de 4.000 kg/m³. También se puede fabricar hormigón de sólo 481 kg/m³ utilizando agregados ligeros especiales y espumas. Estos hormigones ligeros flotan en el agua, se pueden serrar en trozos o clavar en otras superficies.

Para pequeños trabajos o reparaciones, puede mezclarse a mano, pero sólo las máquinas mezcladoras garantizan una mezcla uniforme. La proporción recomendada para la mayoría de usos a pequeña escala como suelos, aceras, calzadas, patios y piscinas es la mezcla 1:2:3.

Cuando la superficie del hormigón se ha endurecido requiere un tratamiento especial, ya sea salpicándola o cubriéndola con agua o con materiales que retengan la humedad, capas impermeables, capas plásticas, arpillera húmeda o arena. También hay pulverizadores especiales. Cuanto más tiempo se mantenga húmedo el hormigón, será más fuerte y durará más. En época de calor debe mantenerse húmedo por lo menos tres días, y en época de frío no se debe dejar congelar durante la fase inicial de endurecimiento. Para ello se cubre con una lona alquitranada o con otros productos que ayudan a mantener el calor generado por las reacciones químicas que se producen en su interior y provocan su endurecimiento.

Técnicas de construcción

El hormigón se moldea de muchas maneras. Para construir los cimientos de pequeños edificios se vierte directamente en zanjas cavadas en la tierra. Para otros tipos de cimientos y algunos muros, se vierte entre los soportes o encofrados de madera o de hierro, que se eliminan cuando el hormigón se ha secado.

En la construcción con losas prefabricadas, las planchas que forman techos y suelos se montan en el suelo y después se elevan con gatos hidráulicos y se fijan las columnas a la altura precisa. Los encofrados deslizantes se utilizan para formar columnas y los núcleos de los edificios. Se van moviendo hacia arriba de 15 a 38 cm por hora mientras se vierte el hormigón y se colocan los refuerzos. El método de fraguar hacia arriba se suele

utilizar en la construcción de edificios de una o dos plantas. Las paredes se fraguan en tierra o en la planta correspondiente y se sitúan con grúas. Después se fijan las paredes por sus extremos o entre ellas a unas columnas de hormigón. Para pavimentar carreteras con hormigón se utiliza una máquina pavimentadora de cimbra móvil. Esta máquina arrastra una estructura con dos guías metálicas separadas. Se vierte una capa de hormigón entre las dos guías y la máquina va avanzando lentamente. Las guías de los laterales mantienen el hormigón en su sitio hasta que éste se seca. Estas pavimentadoras pueden forjar una capa continua de pavimento de hormigón de uno o dos carriles.

En ciertas aplicaciones, como la construcción de piscinas, canales y superficies curvas, el hormigón puede aplicarse por inyección. Con este método el hormigón se pulveriza a presión con máquinas neumáticas sin necesidad de utilizar encofrados. Así se elimina todo el trabajo de los moldes de hierro y madera y se puede aplicar hormigón en lugares donde los métodos convencionales serían difíciles o imposibles de emplear.

El hormigón con aire ocluido es hormigón en el que se introducen pequeñas burbujas de aire en la mezcla con el cemento, durante su fabricación, preparación o en la fase de mezclado con la arena y los agregados. La presencia de estas burbujas aporta propiedades favorables al hormigón, tanto cuando está fresco como cuando se ha endurecido. Cuando está fresco y recién mezclado las burbujas de aire actúan como lubricante; hacen la mezcla más manejable por lo que reducen la cantidad de agua necesaria para hacerla. Este sistema de aire también reduce la cantidad de arena necesaria.

El aire presente en el hormigón endurecido reduce radicalmente los ajustes que derivan de la utilización de productos químicos anticongelantes en calles y carreteras. También previene los daños que producen en los pavimentos las heladas y deshielos. Las burbujas de aire funcionan como diminutas válvulas de seguridad que proporcionan espacio al agua para expandirse si la temperatura baja y se hiela.

Albañilería con hormigón

En todos los tipos de construcción de albañilería se utilizan ladrillos o bloques de hormigón. Se emplean por ejemplo en muros de carga y paredes, malecones, bardas o cortafuegos; como refuerzo de paredes de ladrillo, piedra o enlucidas con estuco o yeso; para proteger del fuego estructuras de acero y recintos como huecos de escaleras y ascensores, y para construir muros de contención, chimeneas y suelos.

Alrededor del 60% de los productos de hormigón para albañilería, como los bloques de escoria, se elaboran con agregados ligeros. Los más utilizados son arcillas tratadas, escoria de altos hornos, esquisto micáceo, agregados volcánicos naturales y cenizas. El tamaño de estos bloques, que se utilizan para construir paredes, tanto por debajo como por encima del suelo, suele ser de 20 × 20 × 40 cm. Estos bloques se colocan de forma horizontal y no suelen ser macizos para reducir peso y para que se forme una cámara de aire aislante. Se han desarrollado otros tipos de bloques de hormigón con dibujo que se utilizan sin revestimiento en casas, centros comerciales, escuelas, iglesias e instalaciones públicas.

La medida de los bloques está ya estandarizada: se pueden conseguir bloques específicos para cualquier trabajo sin tener que cortar y ajustar. También hay moldes para producir bloques con dibujos y relieves para paredes interiores y exteriores. Es posible conseguir cualquier color o tipo de textura.

Puente de hormigón

En la construcción de puentes modernos, como el Gateway Bridge sobre el río Brisbane, en Australia, se emplea hormigón ligero y duradero reforzado con barras o enrejados metálicos. El hormigón se fabrica con agua, un árido como arena o gravilla, y cemento Portland, que liga la mezcla.

Hormigón armado

En la mayoría de los trabajos de construcción, el hormigón se refuerza con armaduras metálicas, sobre todo de acero; este hormigón reforzado se conoce como 'hormigón armado'. El acero proporciona la resistencia necesaria cuando la estructura tiene que soportar fuerzas longitudinales elevadas. El acero que se introduce en el hormigón suele ser una malla de alambre o barras sin desbastar o trenzadas. El hormigón y el acero forman un conjunto que transfiere las tensiones entre los dos elementos.

El hormigón pretensado ha eliminado muchos obstáculos en cuanto a la envergadura y las cargas que soportan las estructuras de hormigón para ser viables desde el punto de vista económico. La función básica del acero pretensado es reducir las fuerzas longitudinales en ciertos puntos de la estructura. El pretensado se lleva a cabo tensando acero de alta resistencia para inducir fuerzas de compresión al hormigón. El efecto de esta fuerza de compresión es similar a lo que ocurre cuando queremos transportar una fila de libros horizontalmente; si aplicamos suficiente presión en los extremos, inducimos fuerzas de compresión a toda la fila, y podemos levantar y transportar toda la fila, aunque no se toquen los libros de la parte central.

Estas fuerzas compresoras se inducen en el hormigón pretensado a través de la tensión de los refuerzos de acero antes de que se endurezca el hormigón, aunque en algunos casos el acero se tensa cuando ya se ha secado. En el proceso de pretensado, el acero se tensa antes de verter el hormigón. Cuando el hormigón se ha endurecido alrededor de estos refuerzos tensados, se sueltan las barras de acero; éstas se encogen un poco e inducen fuerzas de compresión al hormigón. En otros casos, el hormigón se vierte alrededor del acero, pero sin que entre en contacto con él; cuando el hormigón se ha secado se ancla un extremo del refuerzo de acero al hormigón y se presiona por el otro extremo con gatos hidráulicos. Cuando la tensión es la requerida, se ancla el otro extremo del refuerzo y el hormigón queda comprimido.

MADERA

Madera, sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles y se ha utilizado durante miles de años como combustible y como material de construcción. Aunque el término madera se aplica a materias similares de otras partes de las plantas, incluso a las llamadas venas de las hojas, en este artículo sólo se va a hablar de las maderas de importancia comercial.

Vetas y estructura

El dibujo que presentan todas las variedades de madera se llama veta, y se debe a su propia estructura. La madera consiste en pequeños tubos que transportan agua, y los minerales disueltos en ella, desde las raíces a las hojas. Estos vasos conductores están dispuestos verticalmente en el tronco. Cuando cortamos el tronco en paralelo a su eje, la madera tiene vetas rectas. En algunos árboles, sin embargo, los conductos están dispuestos de forma helicoidal, es decir, enrollados alrededor del eje del tronco. Un corte de este tronco producirá madera con vetas cruzadas, lo que suele ocurrir al cortar cualquier árbol por un plano no paralelo a su eje.

El tronco de un árbol no crece a lo alto, excepto en su parte superior, sino a lo ancho. La única parte del tronco encargada del crecimiento es una fina capa que lo rodea llamada cámbium. En los árboles de las zonas de clima templado, el crecimiento no es constante. La madera que produce el cámbium en primavera y en verano es más porosa y de color más claro que la producida en invierno. De esta manera, el tronco del árbol está compuesto por un par de anillos concéntricos nuevos cada año, uno más claro que el otro. Por eso se llaman anillos anuales.

Aunque la fina capa de cámbium es la única parte del tronco que está viva, en el sentido de que es la parte que crece, también hay células vivas esparcidas por el xilema de la albura. Según envejecen los árboles, el centro del tronco muere; los vasos se atascan y se llenan de goma o resina, o se quedan huecos. Esta parte central del tronco se llama duramen. Los cambios internos de los árboles van acompañados de cambios de color, diferentes según cada especie, por lo que el duramen suele ser más oscuro que la albura.

Estructura de madera de una casa

Estos carpinteros están levantando la estructura de madera de una casa. Con la generalización del uso del acero y el hormigón en la construcción de edificios, el trabajo de los carpinteros de obra se limita a algunas casas unifamiliares.

Clasificación

Las maderas se clasifican en duras y blandas según el árbol del que se obtienen. La madera de los árboles de hoja caduca se llama madera dura, y la madera de las coníferas se llama blanda, con independencia de su dureza. Así, muchas maderas blandas son más duras que las llamadas maderas duras. Las maderas duras tienen vasos largos y continuos a lo largo del tronco; las blandas no, los elementos extraídos del suelo se transportan de célula a célula, pero sí tienen conductos para resina paralelos a las vetas. Las maderas blandas suelen ser resinosas; muy pocas maderas duras lo son. Las maderas duras suelen emplearse en ebanistería para hacer mobiliario y parkés de calidad.

Los nudos son áreas del tronco en las que se ha formado la base de una rama. Cuando la madera se corta en planchas, los nudos son discontinuidades o irregularidades circulares que aparecen en las vetas. Donde nacen las ramas del árbol, los anillos del nudo continúan las vetas del tronco; pero según sale a la superficie, las vetas rodean al nudo y la rama crece aparte.

Propiedades físicas

Las propiedades principales de la madera son resistencia, dureza, rigidez y densidad. Ésta última suele indicar propiedades mecánicas puesto que cuanto más densa es la madera, más fuerte y dura es. La resistencia engloba varias propiedades diferentes; una madera muy resistente en un aspecto no tiene por qué serlo en otros. Además la resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. La madera siempre es mucho más fuerte cuando se corta en la dirección de la veta; por eso las tablas y otros objetos como postes y mangos se cortan así. La madera tiene una alta resistencia a la compresión, en algunos casos superior, con relación a su peso a la del acero. Tiene baja resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalladura.

La alta resistencia a la compresión es necesaria para cimientos y soportes en construcción. La resistencia a la flexión es fundamental en la utilización de madera en estructuras, como viguetas, travesaños y vigas de todo tipo. Muchos tipos de madera que se emplean por su alta resistencia a la flexión presentan alta resistencia a la compresión y viceversa; pero la madera de roble, por ejemplo, es muy resistente a la flexión pero más bien débil a la compresión, mientras que la de secuoya es resistente a la compresión y débil a la flexión.

Otra propiedad es la resistencia a impactos y a tensiones repetidas. El nogal americano y el fresno son muy duros y se utilizan para hacer bates de béisbol y mangos de hacha. Como el nogal americano es más rígido que el fresno, se suele utilizar para mangos finos, como los de los palos de golf.

Otras propiedades mecánicas menos importantes pueden resultar críticas en casos particulares; por ejemplo, la elasticidad y la resonancia de la picea la convierten en el material más apropiado para construir pianos de calidad.

Duración de la madera

La madera es, por naturaleza, una sustancia muy duradera. Si no la atacan organismos vivos puede conservarse cientos e incluso miles de años. Se han encontrado restos de maderas utilizadas por los romanos casi intactas gracias a una combinación de circunstancias que las han protegido de ataques externos. De los organismos que atacan a la madera, el más importante es un hongo que causa el llamado desecamiento de la

raíz, que ocurre sólo cuando la madera está húmeda. La albura de todos los árboles es sensible a su ataque; sólo el duramen de algunas especies resiste a este hongo. El nogal, la secuoya, el cedro, la caoba y la teca son algunas de las maderas duraderas más conocidas. Otras variedades son resistentes al ataque de otros organismos. Algunas maderas, como la teca, son resistentes a los organismos perforadores marinos, por eso se utilizan para construir embarcaderos. Muchas maderas resisten el ataque de la termita, como la secuoya, el nogal negro, la caoba y muchas variedades de cedro. En la mayoría de estos casos, las maderas son aromáticas, por lo que es probable que su resistencia se deba a las resinas y a los elementos químicos que contienen.

Para conservar la madera hay que protegerla químicamente. El método más importante es impregnarla con creosota o cloruro de cinc. Este tratamiento sigue siendo uno de los mejores, a pesar del desarrollo de nuevos compuestos químicos, sobre todo de compuestos de cobre. También se puede proteger la madera de la intemperie recubriendo su superficie con barnices y otras sustancias que se aplican con brocha, pistola o baño. Pero estas sustancias no penetran en la madera, por lo que no previenen el deterioro que producen hongos, insectos y otros organismos.

MARMOL

Mármol, variedad cristalina y compacta de caliza metamórfica, que puede pulirse hasta obtener un gran brillo y se emplea sobre todo en la construcción y como material escultórico. Comercialmente, el término se amplía para incluir cualquier roca compuesta de carbonato de calcio que pueda pulirse, e incluye algunas calizas comunes; también incluye, en términos genéricos, piedras como el alabastro, la serpentina y, en ocasiones, el granito.

La superficie del mármol se deshace con facilidad si se expone a una atmósfera húmeda y ácida, pero es duradero en ambientes secos si se le protege de la lluvia. El mármol más puro es el mármol estatuario, que es blanco con una estructura cristalina visible. El brillo característico de este tipo de mármol se debe al efecto que produce la luz al penetrar levemente en la piedra antes de ser reflejada por las superficies de los cristales internos. La variedad más famosa de este mármol procede de las canteras del monte Pentelikon, en Ática, que fue el utilizado por los grandes escultores de la antigua Grecia, incluidos Fidias y Praxíteles. La colección Elgin está compuesta de mármol de Pentelikon. El mármol de Paros, utilizado también por los escultores y arquitectos de la Grecia antigua, era extraído fundamentalmente de las canteras del monte Parpessa, en la isla griega de Paros. El mármol de Carrara, que abunda en los Alpes italianos y se extrae en la región de Carrara, Massa y Serravezza, fue utilizado en Roma con fines arquitectónicos en tiempos de Augusto, el primer emperador, aunque las variedades más finas de mármol escultórico fueron descubiertas más adelante. Los mejores trabajos de Miguel Ángel son de este tipo de mármol; es muy utilizado por los escultores contemporáneos.

Otros mármoles contienen una cantidad variable de impurezas, que dan lugar a los modelos jaspeados que tan apreciados son en muchos de ellos. Se usan para la construcción, sobre todo en interiores, y también en pequeños trabajos ornamentales, como pies de lámpara, mesas, escribanías y otras.

Mármol

Cantería de extracción de mármol en los Alpes apuanos.

PIEDRA

Piedra, mineral inorgánico o concreción de suelo, de origen sedimentario ígneo o metamórfico, usado de forma habitual en construcción, ingeniería civil, industria y arte. Algunas de las piedras de construcción son el basalto, el pedernal, el granito, la caliza, el mármol, el pórfido, la arenisca, la pizarra y la laja. Entre las piedras ornamentales, a excepción de las piedras preciosas y las gemas, están el alabastro, la fluorita, el jade,

el jaspe, el lapislázuli, la labradorita y la malaquita. El ónice u ónix mexicano (aragonito estalagmítico) y el argelino, de color menos elegante, son incorporaciones recientes al grupo de las piedras ornamentales. En los últimos años casi el 83% de la piedra usada en monumentos ha sido granito, y un 17% mármol.

La cantería de piedra en algunos países implica una gran proporción de terreno afectado por minería de superficie. En algunos países sólo es superada por la extracción de carbón, arena y grava.

PLÁSTICOS

Plásticos, materiales poliméricos orgánicos (los compuestos por moléculas orgánicas gigantes) que son plásticos, es decir, que pueden deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nailon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo o en disolución. Con estos materiales se fabrican los plásticos terminados.

Los plásticos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. Las moléculas lineales y ramificadas son termoplásticas (se ablandan con el calor), mientras que las entrecruzadas son termoendurecibles (se endurecen con el calor).

Historia

El desarrollo de estas sustancias se inició en 1860, cuando el fabricante estadounidense de bolas de billar Phelan and Collander ofreció una recompensa de 10.000 dólares a quien consiguiera un sustituto aceptable del marfil natural. Una de las personas que optaron al premio fue el inventor estadounidense Wesley Hyatt, quien desarrolló un método de procesamiento a presión de la piroxilina, un nitrato de celulosa de baja nitración tratado previamente con alcanfor y una cantidad mínima de disolvente de alcohol. Si bien Hyatt no ganó el premio, su producto, patentado con el nombre de celuloide, se utilizó para fabricar diferentes objetos, desde placas dentales a cuellos de camisa. El celuloide tuvo un notable éxito comercial a pesar de ser inflamable y de su deterioro al exponerlo a la luz.

Durante las décadas siguientes aparecieron de forma gradual más tipos de plásticos. Se inventaron los primeros plásticos totalmente sintéticos: un grupo de resinas desarrollado hacia 1906 por el químico estadounidense de origen belga Leo Hendrik Baekeland, y comercializado con el nombre de baquelita. Entre los productos desarrollados durante este periodo están los polímeros naturales alterados, como el rayón, fabricado a partir de productos de celulosa.

El avance de la química de los plásticos

En 1920 se produjo un acontecimiento que marcaría la pauta en el desarrollo de materiales plásticos. El químico alemán Hermann Staudinger aventuró que éstos se componían en realidad de moléculas gigantes. Los esfuerzos dedicados a probar esta afirmación iniciaron numerosas investigaciones científicas que produjeron enormes avances en esta parte de la química. En las décadas de 1920 y 1930 apareció un buen número de nuevos productos, como el etanoato de celulosa (llamado originalmente acetato de celulosa), utilizado en el moldeo de resinas y fibras; el cloruro de polivinilo (PVC), empleado en tuberías y recubrimientos de vinilo, y la resina acrílica, desarrollada como un pegamento para vidrio laminado.

Uno de los plásticos más populares desarrollados durante este periodo es el metacrilato de metilo polimerizado, que se comercializó en Gran Bretaña con el nombre de Perspex y como Lucite en Estados Unidos, y que se conoce en español como plexiglás. Este material tiene unas propiedades ópticas excelentes; puede utilizarse para gafas y lentes, o en el alumbrado público o publicitario. Las resinas de poliestireno,

comercializadas alrededor de 1937, se caracterizan por su alta resistencia a la alteración química y mecánica a bajas temperaturas y por su muy limitada absorción de agua. Estas propiedades hacen del poliestireno un material adecuado para aislamientos y accesorios utilizados a bajas temperaturas, como en instalaciones de refrigeración y en aeronaves destinadas a los vuelos a gran altura. El PTFE (politetrafluoretileno), sintetizado por primera vez en 1938, se comercializó con el nombre de teflón en 1950. Otro descubrimiento fundamental en la década de 1930 fue la síntesis del nailon, el primer plástico de ingeniería de alto rendimiento.

Procesado de plásticos.

En esta fábrica, el plástico pasa por una serie de rodillos de calentado y se transforma en láminas finas. El plástico se moldea durante su producción, porque una vez endurecido no puede fundirse y modelarse de nuevo. Los plásticos se utilizan cada vez más, porque son relativamente duraderos, baratos y versátiles.

VIDRIO

Vidrio, sustancia amorfa fabricada sobre todo a partir de sílice (SiO_2) fundida a altas temperaturas con boratos o fosfatos. También se encuentra en la naturaleza, por ejemplo en la obsidiana, un material volcánico, o en los enigmáticos objetos conocidos como tectitas. El vidrio es una sustancia amorfa porque no es ni un sólido ni un líquido, sino que se halla en un estado vítreo en el que las unidades moleculares, aunque están dispuestas de forma desordenada, tienen suficiente cohesión para presentar rigidez mecánica. El vidrio se enfría hasta solidificarse sin que se produzca cristalización; el calentamiento puede devolverle su forma líquida. Suele ser transparente, pero también puede ser traslúcido u opaco. Su color varía según los ingredientes empleados en su fabricación.

Fabricación de vidrio

El vidrio se fabrica a partir de una mezcla compleja de compuestos vitrificantes, como sílice, fundentes, como los álcalis, y estabilizantes, como la cal. Estas materias primas se cargan en el horno de cubeta (de producción continua) por medio de una tolva. El horno se calienta con quemadores de gas o petróleo. La llama debe alcanzar una temperatura suficiente, y para ello el aire de combustión se calienta en unos recuperadores contruidos con ladrillos refractarios antes de que llegue a los quemadores. El horno tiene dos recuperadores cuyas funciones cambian cada veinte minutos: uno se calienta por contacto con los gases ardientes mientras el otro proporciona el calor acumulado al aire de combustión. La mezcla se funde (zona de fusión) a unos $1.500\text{ }^\circ\text{C}$ y avanza hacia la zona de enfriamiento, donde tiene lugar el recocido. En el otro extremo del horno se alcanza una temperatura de $1.200\text{ a }800\text{ }^\circ\text{C}$. Al vidrio así obtenido se le da forma por laminación (como en el esquema superior) o por otro método.

El vidrio fundido es maleable y se le puede dar forma mediante diversas técnicas. En frío, puede ser tallado. A bajas temperaturas es quebradizo y se rompe con fractura concoidea (en forma de concha de mar).

Se fabricó por primera vez antes del 2000 a.C., y desde entonces se ha empleado para fabricar recipientes de uso doméstico así como objetos decorativos y ornamentales, entre ellos joyas. (En este artículo trataremos cualquier vidrio con características comercialmente útiles en cuanto a transparencia, índice de refracción, color. En Vidrio (arte) se trata la historia del arte y la técnica del trabajo del vidrio). Después de una cuidadosa medida y preparación, las materias primas se mezclan y se someten a una fusión inicial antes de aplicarles todo el calor necesario para la vitrificación. En el pasado, la fusión se efectuaba en recipientes de arcilla (barro) que se calentaban en hornos alimentados con madera o carbón.

Todavía hoy se utilizan recipientes de arcilla refractaria, que contienen entre 0,5 y 1,5 toneladas de vidrio, cuando se necesitan cantidades relativamente pequeñas de vidrio para trabajarlo a mano. En las industrias modernas, la mayor parte del vidrio se funde en grandes calderos, introducidos por primera vez en 1872. Estos calderos pueden contener más de 1.000 toneladas de vidrio y se calientan con gas, fuel-oil o electricidad. Las

materias primas se introducen de forma continua por una abertura situada en un extremo del caldero y el vidrio fundido, afinado y templado, sale por el otro extremo. En unos grandes crisoles o cámaras de retención, el vidrio fundido se lleva a la temperatura a la que puede ser trabajado y, a continuación, la masa vítrea se transfiere a las máquinas de moldeo.

Vidrio de placa

El vidrio de ventana normal producido por estiramiento no tiene un espesor uniforme, debido a la naturaleza del proceso de fabricación. Las variaciones de espesor distorsionan la imagen de los objetos vistos a través de una hoja de ese vidrio.

El método tradicional de eliminar esos defectos ha sido emplear vidrio laminado bruñido y pulimentado, conocido como vidrio de placa. Éste se produjo por primera vez en Saint Gobain (Francia) en 1668, vertiendo vidrio en una mesa de hierro y aplanándolo con un rodillo. Después del recocido, la lámina se bruñía y pulimentaba por ambos lados. Hoy, el vidrio de placa se fabrica pasando el material vítreo de forma continua entre dobles rodillos situados en el extremo de un crisol que contiene el material fundido. Después de recocer la lámina en bruto, ambas caras son acabadas de forma continua y simultánea.

Vasijas de vidrio

Fabricación artesanal de recipientes de vidrio soplado. A la izquierda se aprecia una silla con un soporte para la caña de soplar. Conseguida la forma en bruto se pellizca el material con unas pinzas para dar la forma final al vidrio fundido.

MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Pág. 2