cargas, un compuesto químico insoluble que hace de puente de unión entre los glóbulos del asfalto y los agregados.

Si la emulsión es aniónica, existe atracción por los agregados cuya superficie es positiva, como en el caso de las calizas.

Si la emulsión es catiónica, presenta afinidad tanto por los agregados silíceos, como por los agregados calizos.

- Rotura por evaporación
- Rotura por dilución
- Rotura por congelación
- Por adición de electrolitos

En cuanto a la velocidad de rotura se puede decir: Que a mayor cantidad de emulsificante mas tardío será el rompimiento, y cuanto mas fino sea el agregado mas rápida será la rotura; la humedad del agregado, las condiciones climáticas, el tipo de emulsificante, la naturaleza del asfalto, el PH y la gradación de la emulsión son también factores que intervienen en la velocidad de rompimiento de la emulsión.

c) ESTABILIDAD: La estabilidad de una emulsión se puede ver desde dos puntos de vista:

- Estabilidad al almacenamiento: Durante el almacenamiento se presentan dos fenómenos: La formación de nata en la superficie de contacto con el aire y la sedimentación, cuando hay diferencia entre las densidades del medio continuo y el discontinuo, o por el tamaño de los glóbulos de asfalto.

No se puede mezclar emulsiones aniónicas con catiónicas porque se produce el rompimiento.

La estabilidad al almacenamiento se mide, tomando una muestra representativa, almacenándola por 24 horas o 5 días; según el tiempo que se escoja, cumplido el tiempo de almacenamiento, se toma una muestra del fondo y otra de la superficie, y se someten a evaporación, para obtener el residuo asfáltico de cada una; el peso de estos residuos se expresa como porcentaje y se calcula la diferencia, que será la diferencia de sedimentación, dato que se compara con las especificaciones.

- Estabilidad frente a los agregados: Depende de la emulsión y de los agregados.

d) PH O ACIDEZ: El PH de una emulsión es una característica de la fase acuosa que influye en su estabilidad y adherencia; así al aumentar el PH, aumenta la estabilidad, pero disminuye la adherencia.

Para medir el PH se utiliza un PHmetro, valores menores a 7 proporcionan mayores adherencias pero menor estabilidad de las emulsiones.

Otro ensayo que se hace a la emulsión para su control de calidad es la destilación, proceso mediante el cual se determina su composición en cuanto a contenido de asfalto, agua y emulsificante.

Este ensayo es importante, porque el contenido de asfalto tiene relación con otras características como son la viscosidad y la estabilidad.

El ensayo consiste en tomar 200 gramos de la emulsión, hacer el montaje adecuado para la destilación, someter la muestra a una temperatura de 260°, mantener esta por 15 minutos. Se lee el volumen de agua destilada y de fluidificantes; por último se calculan los porcentajes de cada uno de los componentes. Sobre el residuo asfáltico se realizan los ensayos de ductilidad, penetración y solubilidad para conocer sus características.

Si sólo se desea información sobre la cantidad de asfalto, el ensayo se puede hacer en el horno a una temperatura de 163°C.

ASFALTOS PRODUCIDOS EN COLOMBIA

La totalidad de los asfaltos fabricados y consumidos en Colombia son producidos por Ecopetrol, en sus refinerías de Barrancabermeja, Cartagena y Apiay; en esta última se mezclan los crudos de Apiay y de Castilla. La empresa fabrica el asfalto de penetración AC60-70, a partir de la base asfáltica, obtenida de la destilación al vacío de crudos seleccionados; y los asfaltos líquidos MC70 y RC250.

El asfalto AC60-70 se empezó a producir a partir de 1982.

A continuación se relacionan las propiedades físicas promedio de los asfaltos provenientes de las tres refinerías:

TABLA No.34. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ASFALTOS

ANÁLISIS	ASFALTO		
	CIB	CAR	APIAY
Peso específico	0.996	1.007	1.028
Penetración @ 25°C, mm/10	76	85	70
Punto de chispa, °C	320	240	238
Punto de ablandamiento, °C	47.7	44.8	48
Viscosidad @ 60°C, Poises	1810	1100	1800
Viscosidad @ 135°C, cSt	342	220	300
Oliensis	Positivo	Positivo	Positivo
Equivalente % Xileno-Heptano	5 – 10	15 – 20	25 – 30
Ductilidad	> 100	> 100	> 100

BIBLIOGRAFÍA

ARENAS LOZANO, Hugo León. Curso de tecnología del asfalto. Popayán: Universidad del Cauca. Instituto de Postgrados en Vías e Ingeniería Civil. 1996.

ARENAS LOZANO, Hugo León. Curso Características de asfaltos y mezclas asfálticas. -Tema: Caracterización de asfaltos. Universidad del Cauca, Popayán 1994.

ARISTIZÁBAL, Javier. RIASCOS, Jairo. GUERRERO, Armando. RODRIGUEZ, Pompilio. Factibilidad técnica y económica de la utilización de materiales bituminosos de la región del Putumayo en la estabilización de afinamiento existente en los tramos El Pepino - Mocoa y Villa Garzón - Santana. "Crudo Cedrales y Asfalto Natural del Verdeyaco. Popayán 1998. Trabajo de postgrado (Especialistas en Ingeniería de Vías Terrestres). Universidad del Cauca.

BARBOSA CHILITO, Sandra Lucía. Tecnificación del uso de las asfaltitas Mina de San Pedro. Santafé de Bogotá: Universidad de los Andes, Centro de Investigación de la Facultad de Ingeniería (CIFI), Centro de Documentación Ingeniería, 1997. 9p: il. (Memos de investigación; No. 418). Departamento de Ingeniería Civil.

CUENCA ESPINOSA, Jhon. Utilización de Asfaltos Naturales en Colombia (Asfaltitas). Manizales 1998. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

DÍAZ SEDANO, Álvaro Efrén. MERTINEZ REY, Ramiro. Evaluación Físico - Química de Tres Asfaltos Naturales de Colombia. En: SIMPOSIO COLOMBIANO SOBRE INGENIERIA DE PAVIMENTOS (8° 1991: Popayán). Memorias del VIII Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Universidad del Cauca; Colombia. Ministerio de Obras Públicas y Transporte. Popayán 1991.

ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. Ministerio de Transporte. 1995.

Estudios relacionados con el empleo de emulsiones asfálticas en pavimentación de carreteras. Quinto curso de Emulsiones Asfálticas, Manizales, 1985.

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, Rosalba. BETANCUR, Luis Alejandro. MURGUEITIO VALENCIA, Alfonso. Estudio Sobre Los Asfaltos Naturales Colombianos. En: SIMPOSIO COLOMBIANO SOBRE INGENIERIA DE PAVIMENTOS. (100: 1995: Santiago de Cali). Memorias X Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Santiago de Cali 1995.

FERNÁNDEZ G., Rosalba. Materiales estructurales en las obras civiles. Popayán, 1992.

GARCÍA LÓPEZ, Manuel. BATEMAN DURÁN, Jaime D. Asfaltos Naturales en Colombia. En: CONGRESO IBEROLATINOAMERICANO DEL ASFALTO. (3° 1985: Cartagena). Memorias del III Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto. Cartagena 1985.

IDENTIFICACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS. Universidad Nacional de Colombia. 1995. Tomo V. Inventario de las vías por kilómetro.

LEAL Q., Jorge Eduardo. Explotación, características técnicas y utilización de los asfaltos naturales de la zona de Florencia, en la construcción de la Carretera Marginal de la Selva. Bogotá 1968. Tesis de Grado (Ingeniero Civil). Pontificia Universidad Católica Javeriana. Facultad de Ingeniería Civil.

PASMAN, M.F. Materiales de construcción. Primera edición. Editorial Construcciones. Buenos Aires, 1951.

PEÑA CAICEDO, Jorge Javier. Experiencias con mezclas de asfaltitas -Emulsión Asfáltica y asfaltitas-Crudo de Castilla en la Pavimentación. En: SIMPOSIO COLOMBIANO SOBRE INGENIERIA DE PAVIMENTOS. (11°: 1997: Cartagena de Indias). Memorias del XI Simposio Colombiano sobre Ingeniería de Pavimentos. Santafé de Bogotá 1997.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO MIEL 1. Procedimiento. Aplicación Concreto Asfáltico Natural. Julio de 1998.

SAGANOME A. Pedro. Modificaciones del asfalto con asfaltitas. Santafé de Bogotá: Instituto Nacional de Vías, Oficina de Investigaciones y desarrollo tecnológico, Laboratorio Central, 1997. p. 18-19. Revista Noticias. Vol.3, No. 31 (Ago. 1997) p. 18 -19.

SAGANOME A., Pedro. Los asfaltos naturales colombianos. Santafé de Bogotá, Instituto Nacional de Vías, Oficina de investigaciones y desarrollo tecnológico, Laboratorio Central, Abril de 1999.

SALAZAR B., Héctor. Presa Miel 1 en CCR. Análisis y Diseño Estructural. En: SEMINARIO SOBRE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. (1995: Santafé de Bogotá). Memorias del Seminario sobre Concreto Compactado con Rodillo. Santafé de Bogotá (Abril de 1995).

SILVA SANTISTEBAN, Luis. Materiales básicos de construcción. El asfalto como material de construcción. Lima, 1991.

CAPÍTULO 7

ACERO DE REFUERZO

El hierro es un material metálico blando, dúctil y de baja resistencia en sus condiciones de hierro puro tiene poca aplicación y además es costoso producirlo, pues se encuentra en la naturaleza en forma de óxido de hierro, con una gran cantidad de impurezas que mejoran algunas de sus características, tales como resistencia, ductilidad, haciéndolo apto para diferentes usos en la industria.

Los materiales ferrosos son principalmente aleaciones de hierro y en carbono que contienen pequeñas cantidades de azufre, fósforo, silicio, manganeso y aluminio. La presencia de manganeso, aumenta la dureza y resistencia pero dificulta la ductilidad, favorece la separación de azufre. El silicio es un agente desoxidante que disminuye la presencia de burbujas en los lingotes vaciados, aumenta la resistencia y el límite elástico sin disminuir la ductilidad.

El azufre es una de las impurezas más perjudiciales, reduce la resistencia, forjabilidad y ductilidad, su contenido debe limitarse a 0.05%.

El aluminio es un desoxidante que facilita el escape de los gases en el acero derretido.

La presencia de fósforo, hace que el acero sea frágil en frío: su contenido debe limitarse a 0.05%.

Algunos materiales ferrosos se alean con otros materiales como níquel, cromo, molibdeno vanadio u otros elementos para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

Las formas más comunes de los materiales ferrosos son:

a. Acero.
b. Hierro fundido.
c. Hierro forjado.

Por ser de mayor interés nos referiremos al acero.

El acero es una solución sólida de carbono y hierro, como el hierro a temperatura ambiente no retiene en solución más de 1.7% de carbono en peso, este valor es el máximo del contenido de carbono en el acero, sin embargo los aceros comerciales raramente contienen más de 1.2% de carbono.

Del acero al carbono

De todos los productos de acero, éste es el que se produce en cantidades mayores que cualquier otra aleación ferrosa. Las propiedades del acero al carbono son muy sensibles al contenido de este.

Aunque se encuentren presentes otros elementos de aleación, no se añaden intencionalmente y no afectan las propiedades de manera tan significativa como el carbono. Los aceros de bajo contenido de carbono tienen hasta un 0.25% aproximadamente, de este elemento, son los más dúctiles y blandos, no responden de manera apreciable al calentamiento y al enfriamiento por inmersión y, por lo común, no se endurecen por medio de esos métodos. Las secciones ligeras, incluyendo las barras y los lingotes, se fortalecen con frecuencia por medio de los trabajos en frío. Las aplicaciones típicas del acero de bajo contenido de carbono son las piezas de la carrocería, el chasis de los automóviles, que requieren gran ductilidad y facilidad para ser soldadas; asimismo, se usa en grandes cantidades para la producción de recipientes de hojalata, para los miembros estructurales, como las vigas en I y para piezas labradas a máquina. Los aceros de contenido medio de carbono, tienen, aproximadamente, de 0.30 a 0.50% de ese elemento. Ese contenido de carbono es suficiente para permitir la formación de martensita dura y, por lo tanto, esas composiciones se calientan y enfrían por inmersión, con mucha frecuencia, para mejorar sus propiedades. Los aceros de este tipo se utilizan para vías y ruedas de ferrocarril, varillas de conexión, cigüeñales y otras aplicaciones similares. Los aceros de alto contenido de carbono tienen de 0.55. a 0.95% de ese elemento. Son los aceros al carbono más duros, fuertes y menos dúctiles, y los que mejor responden al tratamiento térmico. Por esa razón no pueden soldarse con facilidad. Casi siempre se utilizan en la condición de enfriamiento y templado, con el fin de que desarrollen su mejor combinación de dureza, resistencia, tenacidad y ductilidad. Se utilizan para herramientas agrícolas de corte, alambre de alta resistencia a la tensión y resortes.

COMPOSICIONES DEL ACERO

La aleación de hierro - carbono se denomina acero. El contenido de carbono puede variar de 0.02% a 1.7% siendo la gama más común de 0.05% a 1.1 %. Por cada 0.1% de adición de carbono se aumenta la resistencia a la tensión en 10000psi y se reduce el % de elongación en un 5% hasta alcanzar un punto límite de 0.84% llamado Punto Eutectoide arriba de este contenido se aumenta la resistencia y dureza pero se acrecienta la fragilidad. Solo los aceros con su contenido de carbono del 0.4% poseen punto de cedencia bien definido.

El acero puede cambiar sus características de resistencia si se somete a cambios rápidos de temperatura. Para entender el efecto de la temperatura sobre las propiedades del acero, es necesario comprender que el hierro sólido está formado por cristales semejantes a los de azúcar o arena pero fuertemente unidos entre si.

Se tienen tres fases individuales en el hierro puro. Se comienza con el hierro α (alfa) a 20ºC, calentándolo lentamente, α se transforma en $\wp$ (gama) a 910°C a δ (delta) a 1.393°C y se funde finalmente a 1.538 °C. Para las fases α y δ se tiene la misma estructura cristalina BCC o cúbica de cuerpo centrado. La fase $\wp$ tiene la estructura cristalina CCC o cúbica de cara centrada, y por lo tanto de empaquetamiento más compacto.

Hay una contracción de alrededor el 1% en volumen en la transformación de α y $\wp$ una expansión del 0.5% en volumen en el cambio de $\wp \rightarrow \delta$. A este cambio de forma de los cristales al variar la temperatura se le denomina cambio o transformación alotrópica.

Cuando el hierro gama contiene carbono en solución se le denomina Austenita. El hierro gama puede disolver hasta 1.7% de carbono. Por otra parte el hierro alfa también puede disolver carbono pero en menor cantidad 0.4%. Cuando el hierro alfa tiene carbono en solución se llama Ferrita.

Aplicando lo anterior, si se tiene un acero que contenga 1% de carbono, y si el conjunto está a una temperatura de por ejemplo 1.200°C, la masa estará en estado sólido en forma de austenita, o sea una solución de hierro gama y carbono. Cuando la temperatura disminuye, la austenita comienza a convertirse en ferrita que no es capaz de disolver todo ese carbono y por lo tanto el exceso de carbono que se va liberando se combina con el hierro formando Cementita. Así se va formando una masa que va a estar constituida por capas de ferrita y cementita, a esta mezcla de ferrita y cementita se le da el nombre de Perlita.

La velocidad de enfriamiento es muy importante en esa transformación y si la velocidad es muy lenta, las capas formadas son anchas, y cuanto más rápida es la velocidad de enfriamiento más finas son las capas, y sin cambiar el contenido de carbono entre más finas sean las capas más resistente es el acero. Sin embargo cuando la velocidad de enfriamiento es muy rápida no hay tiempo para que se forme la perlita y en ese caso se forma un cristal parecido a la ferrita pero con más carbono al que normalmente puede aceptar y con características muy diferentes a las de la ferrita. A ese cristal se le llama Martensita, que es muy duro, tiene alta resistencia pero es sumamente frágil y de muy poca ductilidad.

Esta propiedad alotrópica del acero o sea el poder pasar de una estructura a otra con el cambio de temperatura es muy importante y es aprovechada industrialmente para obtener aceros con diferentes propiedades de resistencia y ductilidad. Esto se logra obligando al acero a hacer la transformación más o menos rápida. Esos cambios de temperatura a que se somete el acero para ganar sus propiedades se denominan Tratamientos Térmicos. Entre mayor es el contenido de carbono mejor será el efecto obtenido con el tratamiento térmico.

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES FERROSOS

Elasticidad

Es la propiedad de recuperar su estado primitivo al cesar la fuerza que lo deforma. Pero existe una fuerza, límite por encima de la cual no recupera su forma comenzando el período de deformación permanente.

Ductilidad

Es la capacidad de alargarse en sentido longitudinal, convirtiéndose en alambres o hilos, es decir puede alterarse mecánicamente entre límites muy amplios sin romperse.

Forjabilidad

Es la propiedad de variar de forma en estado sólido caliente mediante acciones mecánicas sin pérdida de cohesión.

Resistencia a la tensión

Es la resistencia a la rotura por tracción que tienen los cuerpos debido a la cohesión de sus moléculas, esta propiedad aumenta con tratamientos térmicos adecuados.

Soldabilidad

Consiste en unir los metales por presión basta formar un trozo único realizándose a altas temperaturas por medio del martillo, soplete, etc.

Facilidad de corte

Es la propiedad de separarse el metal en pedazos por medio de una herramienta adecuada. En la práctica se realiza por medio de sierra y soplete.

FABRICACIÓN DEL ACERO

Para producir el acero que se consume en el país existen dos procesos:

a. INTEGRADO: Que es el proceso utilizado por Acerías Paz del Río.

b. SEMI INTEGRADO: Que es el empleado por la mayoría de siderúrgicas del país como ACASA, Sidelpa, Simesa, Heliacero, Sidenorte, etc.

- Proceso integrado

En este proceso, el mineral de hierro junto con la caliza que se utiliza como agente de flujo y el coque que se utiliza como reductor y combustible, se prende en un alto horno para obtener el Arrabio (hierro de primera fundición), este se refina en acería, donde se vierte en tres hornos convertidores para el afinado del arrabio sulfuroso con un sistema de soplado enriquecido con oxígeno, allí se eliminan las sustancias perjudiciales, o las que se encuentran en exceso, además se adicionan las ferro aleaciones necesarias para obtener el acero final requerido.

Luego el acero en estado líquido se vierte en moldes para obtener el lingote de acero. Después de tener el lingote se somete éste a la etapa de laminación, una vez calentados los lingotes se desbastan.

Los lingotes de sección cuadrada o rectangular para producir los tochos destinados a la fabricación del acero no plano y los planchones para la producción de acero plano. Los tochos se transforman en

perfiles estructurales medianos para la venta, o en palanquillas que se laminan para obtener redondos estructurales, barras lisas, varillas corrugadas y alambrón.

- Proceso semi-integrado

En este proceso a diferencia del anterior el mineral de hierro se obtiene de fundir la chatarra en hornos eléctricos de arco, y luego por el sistema de vaciado, moldeo y desmoldeo se obtienen los lingotes de acero.

La principal materia prima en el proceso semi integrado para producir acero es la chatarra. La chatarra se clasifica, la más pequeña se carga directamente en el horno y la más grande se corta en trozos, en la mezcla algunas veces se agregan pequeñas cantidades de arrabio.

A la mezcla se adicionan en la medida en que requieran ferro aleaciones tales como: Ferromanganeso, ferrosilicio, ferrocromo, ferromolibdeno y ferrosílico - manganeso.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS AL ACERO

Como ya se dijo, son variaciones de temperatura a las que se somete el acero con el objeto de cambiar algunas de sus propiedades.

Algunos de los tratamientos térmicos más usados son los siguientes:

- Temple

Con este tratamiento se aumenta la resistencia y dureza del acero. En términos generales se calienta el acero un poco por arriba de la temperatura en que se comienza a formar la austenita y se enfría rápidamente (en agua o aceite).

- Normalizado

Sirve para reparar tratamientos térmicos defectuosos y otros defectos. En este tratamiento se calienta el acero también un poco por arriba de la temperatura en que se forma la austenita y se enfria a la temperatura ambiente.

- Recocido

Sirve para ablandar el acero. Hay diferentes clases de recocidos y en general consiste en calentar el acero a temperaturas cercanas a la temperatura en que se forma la austenita seguida por un enfriamiento lento.

- Cristalización

Cuando el acero está en estado líquido los átomos de hierro no tienen ningún orden y se están moviendo continuamente de un lado a otro. Cuando la temperatura baja a la temperatura de solidificación es difícil que se formen los primeros cristales sólidos, pero si el metal líquido está en contacto con acero sólido los átomos comienzan a ordenarsen en cristales sobre los cristales de metal sólido que por ese motivo se llaman Núcleos; a medida que se van apilando los cristales sobre el núcleo éste va creciendo y ellos se van formando, siguiendo siempre la misma dirección en que estaba orientado el núcleo o semilla. A cada conjunto de cristales que se ordenan en cada dirección específica se le llama Grano.

Cuando se permite mucho tiempo al acero en la temperatura de cristalización, los granos crecen y se dice que el acero es de grano grueso. Si no se permite al acero permanecer mucho tiempo, el tamaño del grano es fino. Por medio del tratamiento térmico o agregando ciertos elementos de aleación, es posible lograr aceros de grano fino. Los aceros de grano fino tienen en general mejores propiedades que los de grano grueso.

Cuando un acero se calienta a la temperatura de forja (1.100 grados centígrados) y luego es trabajado (laminado), mientras se enfría hasta que la austenita comienza a transformarse, el grano se afina y el proceso se llama Trabajado en caliente.

Cuando el acero se trabaja (laminado, trefilado, o martillado) en frío, se dice que es un acero trabajado en frío. Los granos son más finos, sin embargo el acero tiende a ser más duro y más frágil.

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS

La industria y las sociedades de Normas técnicas han clasificado los aceros comunes, basados principalmente en el contenido de carbono. Otros lo hacen basándose en la resistencia o en el tratamiento térmico.

Uno de los sistemas más sencillos consiste en el adoptado por Aceros SAE (Society of Auto Motive Engineers); y el AISI (American From Steel Institute) que consiste en cuatro dígitos.

Los dos primeros dígitos indican el contenido de aleante (10 para los aceros al carbono) y los dos últimos dígitos dan el contenido de carbono, así un acero 1040 es un acero al carbono con un 0.40% de carbono.

Otra clasificación muy usada es la empleada por el ASTM (American Society of Mecanical Engineers) que usa la misma designación numérica.

Teniendo en cuenta que el carbono es el material que más afecta las propiedades del acero se ha hecho la siguiente clasificación del acero:

-Acero de bajo contenido de carbono: Los que contienen hasta 0.15% de carbono.

-Aceros dulces: Los que contienen entre 0. 15 y 0.29% de carbono.

-Acero de medio contenido de carbono: Los que contienen entre 0.30 y 0.59% de carbono.

-Aceros de alto contenido de carbono: Los que tienen entre 0.6 y 1.7% de carbono.

-Cuando el contenido de carbono pasa del 1.7% se dice que es un hierro de fundición.

Aceros aleados

Una aleación es el producto de una asociación o mezcla de dos o más metales. Generalmente para producir una aleación se mezclan los metales en estado líquido o fundido y luego el conjunto se deja solidificar.

Una pequeña cantidad de elementos de aleación, pueden causar grandes variaciones en las propiedades del acero.

Los principales elementos o materiales de aleación que se usan en la industria del acero son: Manganeso, níquel, cromo, molibdeno, vanadio y silicio. Cualquiera de los anteriores elementos de aleación pueden producir características especiales en el acero, usándolos en cantidades de hasta el 5 o 6% se llaman aceros de baja aleación, en cantidades mayores se llaman aceros altamente aleados; también se puede usar en el mismo acero dos o tres elementos de aleación al mismo tiempo. Los aceros estructurales son de baja aleación, como materiales para su aleación se usan el cromo, níquel y molibdeno tienen menos de 0.13% de carbono.

Los principales motivos por los cuales se usan elementos de aleación son los siguientes:

- En los aceros al carbono, la ductilidad del acero disminuye rápidamente cuando aumenta el contenido de carbono.

- Los tratamientos térmicos son más efectivos en los aceros aleados que en los aceros al carbono. Los tratamientos térmicos en los aceros al carbono son óptimos sólo en espesores pequeños.

- Las propiedades físicas de los aceros al carbono, se disminuyen marcadamente con el aumento de temperatura.

- Los aceros al carbono son muy susceptibles al ataque químico del medio ambiente especialmente a temperaturas elevadas.

Los aceros que llevan elementos de aleación son muy utilizados porque al ser más resistentes se requiere menor volumen de material y por lo tanto la estructura es más liviana. Pueden ser usados en aplicaciones en que los aceros al carbono no ofrecen buena seguridad y son más durables en situaciones específicas.

Los elementos de aleación tienen la propiedad de disminuir o aumentar la temperatura a la que se forma la austenita.

A los aceros altamente aleados que tienen la propiedad de permanecer con su estructura cristalina austenítica a la temperatura ambiente se les denomina aceros austeníticos y ellos no tienen la propiedad alotrópica o sea que se pueden calentar hasta que se licuen o fundan sin que cambie su estructura cristalina austenítica.

Los aceros en que los cristales de ferrita permanecen sin transformarse hasta la temperatura de fusión son denominados Aceros Ferríticos.

En el grupo de aceros altamente aleados se encuentran los aceros resistentes a la oxidación, al calor y a la corrosión. El nombre con el que más se le conoce es el de Aceros Inoxidables, estos son de alta aleación y el elemento que les proporciona su resistencia a la corrosión es el cromo. Si contiene sólo cromo y cantidades insuficientes de carbono, se denominan aceros inoxidables ferréticos. Se usan cuando la facilidad de conformación y la resistencia a la corrosión son importantes, como por ejemplo, en las guarniciones de los automóviles. Al aumentar el contenido de carbono, con relación al de cromo se produce un acero inoxidable martensítico, que se endurece en el aire. Estas composiciones se emplean para cuchillería e instrumental quirúrgico, cuyos requisitos principales son la resistencia al desgaste y a la corrosión. Algunos de los aceros martensíticos pueden tolerar una pequeña cantidad de níquel; pero si se incrementa este contenido, la estructura del acero se hace permanentemente austenítica. Los aceros austeníticos no pueden endurecerse mediante el enfriamiento por inmersión, debido a que el contenido de níquel impide la transformación de la austenita en martensita. Los aceros austeníticos son los más resistentes a la corrosión y al calor, debido, principalmente, a su elevado contenido de cromo, aun cuando el níquel contribuye también a sus propiedades. El acero inoxidable de este tipo es el que se produce en mayores cantidades, y se utiliza para depósitos de tintes, equipo de elaboración de alimentos, turbinas y aplicaciones similares. Si han de soldarse los aceros inoxidables austeníticos, es preciso utilizar procedimientos especiales, a menos que se escojan composiciones especialmente adecuadas para la fabricación por soldadura. Si no se toman esas precauciones se producirá una pérdida de resistencia a la corrosión. El efecto que tiene el manganeso en los aceros inoxidables austeníticos es similar al del níquel. Existen aceros inoxidables austeníticos con manganeso, en los que parte del níquel que contienen ha sido reemplazado por manganeso. Por otra parte, hay aceros inoxidables de composiciones complejas que pueden endurecerse por precipitación, por medio de métodos especiales de tratamiento, y se conocen como aceros inoxidables endurecibles por precipitación.

El cromo es el principal elemento de aleación y es el que le da al acero sus características de inoxidable o capacidad para resistir la corrosión y oxidación.

Los aceros austeníticos no son magnéticos, son resistentes a la oxidación, al ataque químico, son resistentes y dúctiles a temperaturas muy bajas y resistentes a temperaturas elevadas.

Los aceros altamente aleados o inoxidables son designados por la SAE con cinco dígitos. Los dos últimos indican el contenido de carbono y los tres primeros la clase y contenido de elementos de aleación.

Como se ve hay gran variedad de acero para fabricar y construir las más diversas clases de maquinaria y estructura.

Soldadura

En forma técnica puede definirse como la unión de dos o más materiales entre sí en tal forma que quedan como una sola pieza, esto se hace a una temperatura adecuada, con o sin aplicación de presión y con o sin el uso de material de aportación.

El cuadro sinóptico nos explica las clases de energía que se usan para producir el calentamiento del material a soldar.

CLASES DE FUENTES DE ENERGÍA PARA LOGRAR EL CALENTAMIENTO DE LAS PIEZAS A SOLDAR

FUENTE DE ENERGÍA — **ELÉCTRICA**

- ARCO: Una descarga eléctrica relativamente grande ocurrida a través de una columna gaseosa térmicamente ionizada llamada plasma. La temperatura el arco eléctrico varia entre 5000 y 3000°C y se constituye en el sistema de obtención del calor.
- RESISTENCIA: La resistencia de los materiales al flujo de Eléctrica genera calor.
- RADIACIÓN POR ARCO: El calor originado por un arco eléctrico, se transfiere por radiación al trabajo.
- FLUJO CONDUCTOR: La resistencia, al paso de corriente eléctrica, de una escoria fundida depositada sobre un metal, calor suficiente para fundirlo.
- INDUCCIÓN: Excitando una bobina con corriente alterna o alta frecuencia e introduciendo en esta un metal conductor de electricidad, se inducen en el metal corrientes eléctricas que originan, debido a la resistencia del metal, el calentamiento del mismo.

FUENTE DE ENERGÍA

QUIMICA

OXIACETILENICA: La combustión de acetileno (C_2H_2) en una atmósfera de oxígeno (O_2) produce una llama que alcanza una temperatura de 3.500°C.

TERMITA: Una mezcla de aluminio en polvo con óxido de hierro, al encenderse, reacciona liberando calor produciéndose hierro puro que fluye con una temperatura de 2.750°C.

DISOCIACIÓN DE HIDRÓGENO: Las moléculas de hidrógeno están formados por átomos de hidrógeno, estos átomos se separan absorbiendo calor, al quedar en contacto con el metal frío los átomos se unen nuevamente liberando sobre el trabajo el calor absorbido.

OPTICA

LASER: La generación del calor se logra por la energía de un rayo de luz concentrado, al ser enfocado sobre el trabajo.

RAYO DE ELECTRONES: El calor se obtiene, por la energía suministrada al trabajo, al ser bombardeado con un rayo dirigido de electrones.

MECANICA

FRICCIÓN: El calor se obtiene por la fricción generada entre un elemento en rotación y uno estacionario sujetos a una fuerza de contacto.

ULTRASÓNICA: Similar a la anterior, el calor se obtiene por fricción entre dos elementos en contacto uno de los cuales está vibrando a alta frecuencia.

Tomado de: Manual de Soldadura. Instituto de Soldadura. West Arco. 1980.

Diferentes procesos para soldar

Por forja o martilleo

Cuando las piezas a soldar se calientan para después golpearlas, mediante martilleo manual o mecánico y así hacer la unión.

Soldadura Oxiacetilénica

El acetileno en contacto con el oxígeno proporciona la llama de mayor temperatura, la temperatura máxima es de 3.500°C. La mayoría de las soldaduras efectuadas con el proceso de oxiacetilénico se obtiene fundiendo los materiales en el punto de unión y utilizando algún material aportante para llenar la separación.

Soldadura de punto

Se obtienen dos electrodos de área reducida y se obtienen sueldas redondas, la desventaja de esta soldadura es la corta duración del electrodo (generalmente una soldadura).

Soldadura por arco eléctrico

La unión es producida por el calentamiento generado con un arco eléctrico. Existen varios tipos de soldadura con arco eléctrico:

- Soldadura con electrodo al carbón
- Soldadura con electrodo de tungsteno protegido con gas inerte (TIG)
- Soldadura con electrodo metálico revestido con gas (MIG)
- Soldadura por arco sumergido
- Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestimiento

Posiciones de los elementos a soldar

Hay cinco maneras fundamentales de lograr una unión entre dos piezas; al tope, al traslapo, en ángulo, en T, por el borde y se diferencian entre sí por la forma como se coloca una en relación con otra. La principal condición que se tiene en cuenta para seleccionar la formación de la unión, lo da el diseño de la estructura que se quiere soldar.

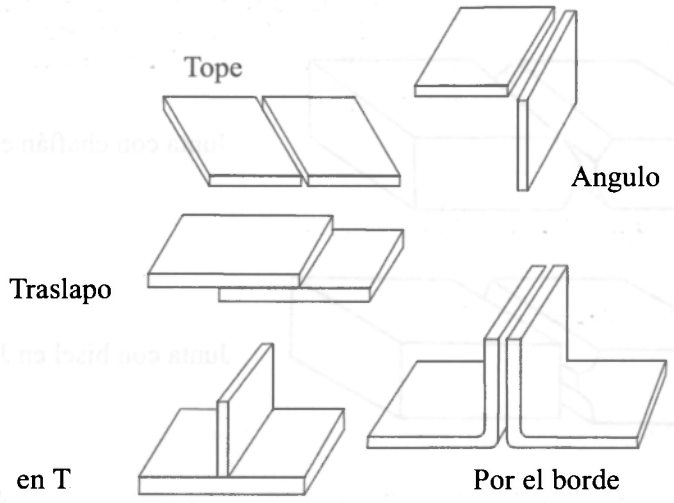

FIGURA No.26 POSICIONES DE LOS ELEMENTOS A SOLDAR

Juntas en las piezas a unir

El punto donde se ha de lograr la unión entre dos elementos se denomina Junta y cuando esto ha ocurrido, aquel punto se llama ensamble o punta soldada.

Hay tres tipos de juntas o ensambles:

a. Con bisel o chaflán. Se hace en bisel o chaflán en la cual se deposita la soldadura para formar el ensamble, este puede ser en U o en V.

b. Con filete

c. Combinado

Si el material aportante en la soldadura se funde a una temperatura baja, tal es el caso del plomo y el estaño que funden entre 200 y 250 grados centígrados la soldadura se denomina Blanda, si el material aportante funde a temperaturas altas la soldadura se denomina fuerte.

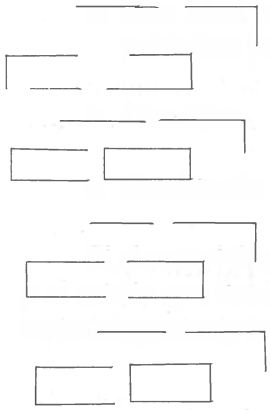

FIGURA No.27 DIFERENTES TIPOS DE JUNTAS Y ENSAMBLES

BIBLIOGRAFÍA

ACESCO. Manual de diseño de perfiles estructurales en acero de lámina delgada. tercera edición. Barranquilla. 2000.

CARL A. KEYSER. Ciencia de materiales para Ingeniería. Centro Regional de Ayuda Técnica. México 1972.

FLINN, Richard A. y TROJAN, Paul K. Ingenieria y sus aplicaciones. McGrawHill. Tercera edición. México 1991

HARMER E. Davis. y otros. Ensaye e inspección de los materiales en Ingenieria. Edit. Continetal S.A. Tercera impresion en español. México 1970.

Manual de Soldadura. Instituto de Soldadura. West Arco. 1980.

SINGER, Ferdinan L. y PYTEL, Andrew. Resistencia de materiales. HARLA. Tercera edición México. 1982.

CAPÍTULO 8

MATERIALES POLIMÉRICOS

La palabra polímero literalmente significa "muchas piezas". Puede considerarse que un material sólido polimérico está formado por muchas partes químicamente enlazadas como unidades enlazadas entre sí para formar un sólido. En este capítulo se estudian algunos aspectos de la estructura, propiedades, procesado y aplicaciones de dos materiales poliméricos importantes para la construcción: plásticos y elastómeros. Los plásticos son un gran y variado grupo de materiales sintéticos que se procesan mediante el moldeado de la forma. Al igual que tenemos muchos tipos de metales, como el aluminio y cobre, tenemos muchos tipos de plásticos, como el polietileno y el nylon. Los plásticos pueden dividirse en dos clases, termoplásticos y termoestables, dependiendo de la estructura química de su enlace. Los elastómeros o cauchos pueden deformarse grandemente de forma elástica cuando se les aplica una fuerza y pueden volver a su forma original (o casi) cuando se elimina la fuerza.

Termoplásticos

Los termoplásticos necesitan calor para hacerlos deformables y después de enfriarse mantienen la forma a la que fueron moldeados. Estos materiales pueden calentarse y volver a moldearlos un buen número de veces sin cambio significativo de sus propiedades. La mayoría de los termoplásticos consisten en cadenas principales muy largas de átomos de carbono enlazados entre sí. Algunas veces también se encuentran enlazados en la cadena principal de forma covalente átomos de nitrógeno, oxígeno o azufre. Puede suceder que átomos o grupos de átomos se enlacen de forma covalente a la cadena principal de átomos. En los termoplásticos las largas cadenas moleculares se enlazan entre sí mediante enlaces secundarios.

Termoestables

Los plásticos termoestables que adquieren una forma permanente y son curados mediante una reacción química, no pueden ser refundidos y remoldeados en otra forma, sino que se degradan o descomponen al ser calentados a temperaturas demasiado altas. Por ello, los plásticos termoestables no pueden reciclarse. El término termoestable implica que el calor (en griego calor es therme) es necesario para que el plástico mantenga permanentemente la forma. Hay, sin embargo, muchos plásticos termoestables que fraguan o curan a temperatura ambiente, solamente con una reacción química. La mayoría de los plásticos termoestables consisten en una red covalente de átomos de carbono enlazados entre sí para formar un sólido rígido. Algunas veces el nitrógeno, oxígeno y azufre se enlazan de forma covalente en la red de la estructura reticular del plástico termoestable.

Los plásticos son materiales importantes para la ingeniería por muchas razones. Presentan gran variedad de propiedades, algunas de las cuales son inalcanzables por otros materiales, y en la mayoría de los casos son relativamente de bajo precio. El uso de los plásticos para diseños en ingeniería mecánica ofrece muchas ventajas incluyendo la posibilidad de eliminación de piezas mediante el diseño con plásticos, eliminación de muchas operaciones de acabado, simplificación del montaje, eliminación de peso, reducción de ruido y, en algunos casos, la eliminación de la necesidad de lubricación. Los plásticos son también muy útiles para muchos diseños de ingeniería eléctrica principalmente por sus excelentes propiedades aislantes.

En ingeniería civil se usan principalmente en tuberías, geotextiles, pinturas, cubiertas, pisos, como aislantes en paneles, etc.

CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES POLIMÉRICOS

Según su origen

- Naturales: caucho, celulosa, seda, lana
- Derivados: Nitrato de celulosa, Acetato de Celulosa, Caucho vulcanizado.
- Sintéticos: Nylon, Dacron, Polivinil cloruro.
- Proteínicos: Proteínas, ADN.

Según la estructura

Polímeros de cadena lineal:

Las unidades monoméricas se unen mediante enlaces covalentes, sin embargo, moléculas diferentes del material se mantienen juntas mediante fuerzas secundarias más débiles. El polímero puede formarse por crecimiento de uno de sus extremos de la cadena. Éstos sólo tienen dos puntos de reacción o grupos funcionales; este tipo de polímeros es fusible y soluble en solventes adecuados.

Polímeros de cadena ramificada:

Aquí se emplean unidades de funcionalidad superior a dos y se unen a otras unidades formando la molécula ramificada. Éstos presentan gran dureza y aspecto amorfo; son insolubles y si se calientan se descomponen químicamente.

Polímeros de cadena reticular:

Tienen sus cadenas unidas en forma de malla.

Según respuesta al calentamiento

Termoplásticos

Se ablandan con el calor y pueden ser soldados; son solubles en determinados solventes; se forman por cadenas de moléculas largas generalmente no ramificadas. Su uso general se encuentra en la elaboración de plásticos, fibras, elastómeros, recubrimientos y adhesivos.

Termoestables (termofijos o termofraguables):

Se descomponen con el calor; no se funden ni se solubilizan; forman estructuras tridimensionales con entrecruzamiento y sus aplicaciones se encuentran en todos los campos excepto en la formación de fibras.

PROPIEDADES FÍSICAS

- Cristalinidad: Varía de 0 a 100. Existen tres grados de cristalinidad: No cristalino (poliestireno), parcialmente cristalino y totalmente cristalino (polietileno de alta densidad HDP).

- Cohesión molecular: Es la fuerza promedio entre las unidades repetidas de una cadena de polímeros y sus vecinas. Su magnitud se calcula a partir de la densidad de energía cohesiva, los enlaces de hidrógeno son los que más contribuyen a la cohesión molecular y se presentan en polímeros tales como el nylon, la celulosa y las proteínas.

-Peso: El peso de los polímeros es función directa del grado de polimerización, es decir, que para un mismo monómero se obtienen polímeros de diferente peso según se hallan polimerizado en menor o mayor grado.

PROPIEDADES MECÁNICAS

- Elongación: Es una medida de la deformación que se desarrolla continuamente sobre un material mediante alargamiento a velocidad constante. La resistencia de un material polimérico a la ruptura se determina mediante un ensayo de tracción sobre una muestra de tamaño estándar. La curva mostrada en la Figura N°28 tiene, en general, variaciones de forma, pero responde al comportamiento general, según sean las características específicas del polímero.

-Tensión: Definida como la capacidad del polímero para resistir una fuerza de tracción sin romperse.

-Resistencia a la fatiga: Propiedad que determina la capacidad del polímero para soportar cargas en forma repetida hasta el momento de la falla.

-Resistencia al impacto: Propiedad que determina si un material polimérico es dúctil o frágil.

-Resistencia al rasgado: Propiedad que se mide, especialmente, cuando se van a utilizar los polímeros en forma de película.

-Resistencia a la abrasión: Es una relación directa de la resistencia de los polímeros al rayado o acción de desgaste por fricción o erosión.

-Dureza: Es una propiedad compuesta que combina los conceptos de resistencia a la penetración, rayado, daño superficial.

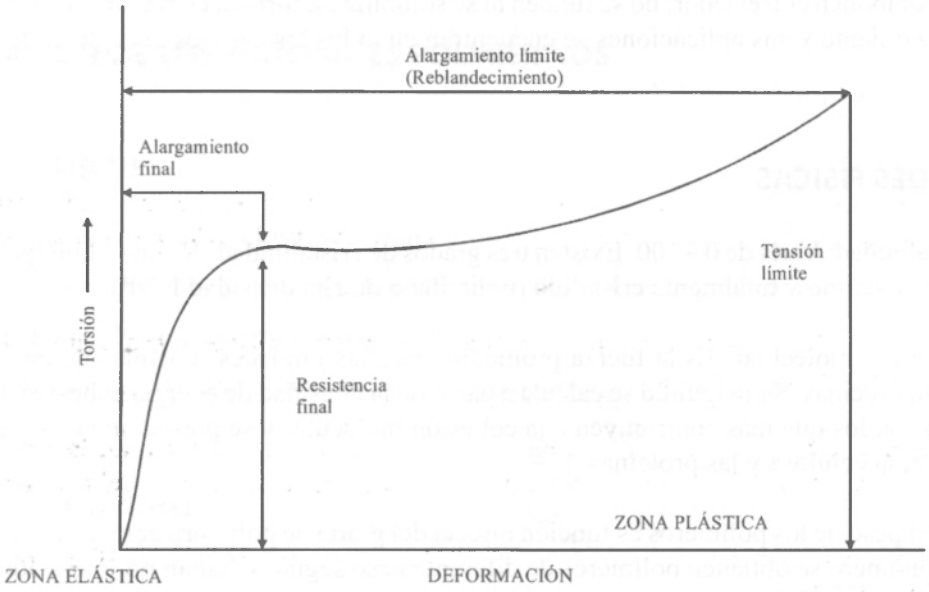

FIGURA No.28. CURVA GENERAL DE TENSIÓN - DEFORMACIÓN PARA PLÁSTICOS

PROPIEDADES ÓPTICAS

- Color: Es la sensación subjetiva en el cerebro que resulta de la percepción de aquellos aspectos de la apariencia de los objetos resultante de la descomposición espectral de la luz que alcanza al ojo.

- Brillo: Es la reflectancia geométricamente selectiva de una superficie causante de su aspecto brillante o lustroso. Depende de la conformación cristalina del polímero.

- Reflectancia: Es la relación de las intensidades entre la luz reflejada y la incidente (Opacidad).

- Transmitancia: Consiste en la relación entre la intensidad de la luz que atraviesa un material y la luz que incide sobre el mismo (transparencia).

- Opalescencia: Es el porcentaje de la luz transmitida que al atravesar la muestra se desvía del haz incidente por una dispersión hacia delante.

- Transparencia: Se define como el estado que permite la percepción de los objetos a través o más allá de la muestra. Es función directa de la homogeneidad de los cristales que forman el polímero.

- Translucidez: Propiedad de un cuerpo de transmitir una parte y de reflejar otra, de la luz incidente sobre él.

- Dispersión: Resultado de la presencia de irregularidades e impurezas en la estructura cristalina del polímero.

PROPIEDADES ELÉCTRICAS

- Constante dieléctrica (Capacidad Aislante): Es la relación de las capacidades de un condensador de placas paralelas medida con y sin material dieléctrico entre sus placas. En los polímeros, generalmente es muy alta.

- Resistividad: Es la resistencia que la mayoría de los polímeros presenta al flujo de la corriente continua. Normalmente es muy alta.

- Rigidez dieléctrica: Propiedad de los polímeros por medio de la cual se mide la capacidad de la sustancia de soportar aplicaciones repetidas de corriente hasta alcanzar la falla del material.

- Resistencia al arco: Estado en el cual la superficie de un polímero se carboniza y puede conducir la corriente con facilidad.

PROPIEDADES QUÍMICAS

-Resistencia a la solvencia: Se incrementa rápidamente con el aumento del peso molecular, las porciones insolubles tienden a presentar el fenómeno conocido como "ojo de pescado (se forman burbujas donde el material pierde la resistencia)" en películas y fibras.

-Permeabilidad al vapor: Es producto de la solubilidad de los gases o vapores en el polímero y de su coeficiente de difusión. Se mide como la velocidad de transferencia del vapor a través de un espesor unidad del polímero en forma de película, por unidad de área y diferencia de presión a través de la película.

-Degradación a la intemperie: Es el comportamiento de los materiales en exposiciones prolongadas a la intemperie.

PROPIEDADES TÉRMICAS

- Temperatura: La temperatura de los polímeros es de tres clases:

  Transición vitrea (TG): temperatura a la que un polímero fundido, sometido a enfriamiento se convierte en un sólido vidrioso.

  Transición cristalina (TM): Es la temperatura a la que un polímero fundido pasa a un estado de líquido viscoso o sólido microcristalino.

  Reblandecimiento: Es la temperatura a la que el polímero alcanza un grado de ablandamiento específico.

- Inflamabilidad: La inflamabilidad de los plásticos se define como la velocidad de combustión de una muestra específica.

APLICACIÓN DE LOS MATERIALES POLIMÉRICOS

Ya que los materiales poliméricos son la materia prima de las tuberías de PVC y de los geotextiles, se complementa este capítulo hablando de estos dos productos, cuya importancia en la construcción no se discute.

Geotextiles

Son membranas permeables sintéticas resistentes a la tensión y al punzonamiento, que actúan como elementos de refuerzo (estabilización), separación, filtración y drenaje en diferentes tipos de construcciones, desde un simple campo deportivo hasta una superautopista o una represa.

Son fabricados normalmente a partir de polímeros como polipropileno, poliéster, poliamina y polietileno.

Existen dos procesos primarios para la fabricación de geotextiles, uno de éstos produce el geotextil tejido. En él, unas cintas de polipropileno son tejidas en grandes telares produciéndose un textil delgado y rígido en un solo plano o dimensión. Los geotextiles tejidos tienen una amplia posibilidad de aplicaciones en obras de ingeniería, tales como estructuras hidráulicas, construcción de vías y en general en los proyectos geotécnicos.

Otro proceso fabrica el geotextil no tejido, en el que se usan fibras de polipropileno o poliéster las cuales son movidas en un sistema de bandas transportadoras y entre rodillos, mientras unas agujas con barbas, entran de arriba a abajo de las fibras, entrelazando las hebras para formar el geotextil. A éste se le conoce como geotextil no tejido, punzonado por agujas, el cual igualmente tiene grandes aplicaciones en la ingeniería, destacándose las obras de repavimentación.

Uno de los problemas de humedad en las vías se origina por el agua lluvia que entra a través de la superficie de la vía, llegando hasta la base de la misma, y si a esto se le suma la carga de un vehículo pesado, entonces es cuando el pavimento tiende a fallar, debilitándose y deteriorándose.

El concepto es ligar el asfalto nuevo al viejo mediante un sistema de membrana. Este sistema consiste en un geotextil y una liga bituminosa suficiente para saturar el geotextil y penetrar tanto el asfalto nuevo como el viejo, formando un sistema estructural integral flexible, con una membrana impermeable entre las capas.

Los geotextiles han sido usados en sistemas de repavimentación desde años atrás para reducir y retardar agrietamientos y para actuar como una membrana impermeable.

En Colombia, apenas ahora se empieza a utilizar en forma masiva los geotextiles en diferentes obras civiles, y al mismo tiempo se comienza a valorar realmente los beneficios técnicos y económicos que trae su utilización.

Aplicaciones de los geotextiles

Las aplicaciones de los geotextiles en la ingeniería son numerosas y pueden dividirse en dos grupos:

a. Donde la mayor solicitación proviene del agua, tales como:

-Drenaje: En el drenaje de un talud, de una presa de tierra, para asegurar la estabilidad cuando se presente una disminución rápida del nivel del agua, se coloca el geotextil en cintas verticales, ayudando a la consolidación del suelo.

-En canales se puede emplear como manto entre el terreno y el revestimiento de concreto, para controlar el exceso de agua y una eventual percolación en el concreto y como dren vertical para captar el agua colectada a través de un tubo.

-Impermeabilizaciones: Los geotextiles asociados con asfaltos, resinas, elastómeros, etc., constituyen membranas que retienen el agua en lagos, presas, canales, etc.

-Válvulas: Conducen la escorrentía, a presión baja no las atraviesa, pero son atravesadas por el agua intersticial a presión alta.

-Filtros: Los geotextiles colocados entre dos masas de tierra, por donde se infiltra el agua, funcionan como un filtro de transición. Así mismo, colocados transversalmente en un escurrimiento de agua cargada de partículas en suspensión, las retiene.

-En estructuras marinas: Los geotextiles tejidos se emplean como formaleta para vaciar concreto alrededor de columnas de acero, concreto o madera. Esta técnica se emplea en la protección de las zonas vulnerables de las estructuras, pero es más frecuente su aplicación en la reparación de pilotes deteriorados.

Se puede emplear en la protección de tuberías dentro del agua; en este caso se aplica el geotextil con inyección de mortero como material de soporte.

b. Donde la mayor solicitación proviene del suelo, por ejemplo

-Separación: Los geotextiles separan el suelo del medio exterior o lo hacen con dos materiales que tiendan a mezclarse por efectos de las cargas: Vías de servicio para ferrocarriles, campos deportivos, etc.

-Refuerzo: Los geotextiles soportan los esfuerzos de tracción que no resiste el suelo, de manera que se pueden emplear en capas múltiples de suelo y geotextil para reforzar un suelo poco resistente.

Tuberías de PVC

El PVC es el policloruro de vinilo que es un plástico sintético, su amplio campo de usos se atribuye a su alta resistencia química y su habilidad para mezclarse con aditivos produciendo un gran número de compuestos con un amplio rango de propiedades físicas y químicas.

Aditivos utilizados para el policloruro de vinilo

El policloruro de vinilo se puede utilizar en muy pocas aplicaciones sin la adición de compuestos al material básico de forma que pueda procesarse y convertirse en un producto acabado. Los aditivos añadidos al PVC incluyen plastificantes, estabilizadores al calor, lubricantes, rellenos y pigmentos.

Los plastificantes dan flexibilidad a los materiales poliméricos. Son usualmente compuestos de peso molecular grande, que se seleccionan para ser completamente miscibles y compatibles con el material básico. Para el PVC se utilizan comúnmente ésteres de ftalato como plastificantes.

Los estabilizadores al calor se añaden al PVC para prevenir la degradación térmica durante el procesado y puede ayudar a aumentar la vida del producto acabado. Los estabilizadores típicos utilizados pueden ser bien orgánicos o inorgánicos, pero se utilizan también compuestos organometálicos, basados en el estaño, plomo, bario, cadmio, calcio y cinc.

Los lubricantes ayudan a la fluidez del fundido de los compuestos de PVC durante el procesado e impiden la adhesión a las superficies metálicas. Se utilizan comúnmente como lubricantes: ceras, ésteres grasos y jabones metálicos.

Los rellenos como el carbonato cálcico se añaden para abaratar costos de los compuestos de PVC.

Los pigmentos, tanto inorgánicos como orgánicos, son utilizados para dar color, opacidad y resistencia a la intemperie a los compuestos de PVC.

Las ventajas del policloruro de vinilo adicionado (PVC) que le permiten ser utilizado con gran eficiencia en la construcción, para el transporte de aguas potables, servidos y lluvias, así como también para ductos eléctricos y telefónicos son:

- Resistencia a la corrosión
- Ausencia de rugosidad, permite pendientes menores.
- Baja densidad
- Resistencia al impacto
- Durabilidad
- Economía
- Fácil Instalación
- Baja conductividad eléctrica
- Baja conductividad térmica, es auto extinguible

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON, J.C. y Otros. *Ciencia de los Materiales.* Editorial LIMUSA. México 1978.

FLINN, Richard A. y TROJAN, Paul k. *Materiales de Ingeniería y sus aplicaciones.* Mac Graw - Hill. México 1994.

KEYSER, Carl A. *Ciencia de Materiales para Ingeniería.* Editorial LIMUSA. México 1972.

Geosistemas Manual de diseño PAVCO S.A.. Departamento de Ingeniería. Segunda edición. Bogotá.

Boletín del ICPC. Revista No.48. *Los geotextiles en la Ingenieria.* Blanca Helena Zapata M. pp. 38-39 Enero - Marzo de 1990.

Clase Empresarial. Revista No. 32. Geotextiles. *¿Apertura económica con o sin vías?* pp. 48-49. Febrero de 1996.

SMITH, William F. *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales.* 3ª Edición Me Graw - Hill. España 1999.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Clasificación de las rocas ígneas según la profundidad y velocidad de consolidación	10
Tabla N° 2	Propiedades Físico Mecánicas	12
Tabla N° 3	Principales rocas y sus características como materiales de construcción	14
Tabla N° 4	Clasificación según su tamaño	16
Tabla N° 5	Resistencia a la compresión simple y módulo de elasticidad de algunas rocas	24
Tabla N° 6	Resistencia	25
Tabla N° 7	Pavimento Flexible	28
Tabla N° 8	Pavimento Rígido(s)	28
Tabla N° 9	Granulometría para material de sub-base (MOPT C 201-63)	29
Tabla N° 10	Granulometría para material de base (MOPT C 202-63)	29
Tabla N° 11	Granulometrías para afirmados	30
Tabla N° 12	Especificaciones para materiales de carreteras	31
Tabla N° 13	Compuestos del cemento	38
Tabla N° 14	Calor liberado por los compuestos del cemento para diferentes edades	41
Tabla N° 15	Clasificación de los cementos Portland	46
Tabla N° 16	Tolerancias de concentraciones de impurezas en el agua de mezclas	47
Tabla N° 17	Influencia de algunas propiedades de los componentes y de sus proporciones en las características del concreto	60
Tabla N° 18	Gradaciones ideales Fuller de agregados para concretos	62
Tabla N° 19	Asentamientos recomendados para concretos de diferentes grados de manejabilidad	68
Tabla N° 20	Agua en kilogramos por metro cúbico de concreto para los tamaños máximos de agregados indicados	69
Tabla N° 21	Volumen de agregado grueso por volumen unitario de concreto	73
Tabla N° 22	Proporciones entre los pesos, volúmenes absolutos y volúmenes sueltos de los componentes de una mezcla	81

Tabla Nº 23 Causas de error en la obtención de resultados de ensayo de probetas moldeadas de hormigón 88

Tabla Nº 24 Clasificación de los morteros de pega para mampostería simple según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación 116

Tabla Nº 25 Clasificación ASTM C-476 de morteros de pega para mampostería reforzada según resistencia a la compresión a 28 días y según dosificación (partes por volumen) 117

Tabla Nº 26 Morteros de relleno - partes por volumen 117

Tabla Nº 27 Usos de los morteros de cemento 118

Tabla Nº 28 Fluidez recomendada del mortero para diversos tipos de estructura y condiciones de colocación 120

Tabla Nº 29 Resistencia a la compresión y a la flexión 138

Tabla Nº 30 Esfuerzo máximo según tipo de vidrio 142

Tabla Nº 31 Aislamientos 142

Tabla Nº 32 Expansión térmica 143

Tabla Nº 33 Algunas maderas colombianas según su tipo estructural 171

Tabla Nº 34 Propiedades físicas de los asfaltos 201

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1 Ciclo geológico de las rocas 10

Figura Nº 2 Serie de Bowen 11

Figura Nº 3 Diferentes estados de saturación del agregado 22

Figura Nº 4 Esquematización del peso volumétrico 23

Figura Nº5 Ensayo de asentamiento 52

Figura Nº6 Toma de cilindros de concreto 54

Figura Nº7 Análisis de los resultados de la resistencia del concreto 90

Figura Nº8 Variaciones de la resistencia en la relación de la $\overline{X}$ 91

Figura Nº9 Diagrama de acciones derivadas de la aplicación del criterio de aceptación o rechazo 92